



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH OPTIMALIZACE VÝROBNÍ LINKY V SÉRIOVÉ  
VÝROBĚ**

ON THE OPTIMIZATION OF A PRODUCTION LINE IN A MASS PRODUCTION

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Aleš Lyčka**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.**

**BRNO 2017**

# Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Bc. Aleš Lyčka**  
Studijní program: Strojní inženýrství  
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management  
Vedoucí práce: **prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.**  
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## Návrh optimalizace výrobní linky v sériové výrobě

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Provedení technické analýzy a návrh konstrukčně–technologické optimalizace výrobního procesu a příslušného výrobního zařízení na základě vstupní analýzy výrobního procesu a detekce jeho kritických míst.

### Cíle diplomové práce:

- analýza aktuálního výrobního procesu pro určení kritických míst z pohledu výrobních časů, ergonomie, pohybu materiálu a konstrukce výrobních zařízení,
- návrh konstrukčně–technologické optimalizace zvoleného pracoviště na základě analýzy kritických prvků/procesů výroby a možných optimalizací,
- ověření řešení a vyhodnocení konstrukčně–technologických úspor vlastní optimalizace výroby (dle reálných možností podniku),
- vytvoření technické dokumentace pro provedené/navrhované konstrukční úpravy výrobních zařízení.

### Seznam doporučené literatury:

HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.

ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tento diplomový projekt se zabývá výrobní linkou ve vybrané firmě. Nejprve je zpracována teoretická část zabývající se štíhlou výrobou, následně je popsána vybraná firma a samotná výrobní linka. Na výrobní linku je nahlíženo z různých úhlů pohledu a hledají se vhodná místa k optimalizaci. Nejdůležitějšími hledisky jsou efektivita výroby a ergonomie. Po nalezení kritických míst jsou navrženy rozdílné varianty řešení. Ty jsou dále rozebrány, zhodnoceny a je doporučena ta nejvhodnější z nich.

### Klíčová slova

štíhlá výroba, optimalizace, ergonomie, úzké místo, sedadlová struktura

## ABSTRACT

This diploma project deals with the production line in the selected company. The theoretical part is dealing with lean production, followed by the company description and description of the production line itself. The diploma project looks at the production line from a variety of perspectives and looks for the most appropriate points to optimize. The most important aspects are the efficiency of production and ergonomics. After finding critical points, different solutions are proposed and they are further elaborated, evaluated and the most appropriate one is recommended.

### Key words

lean manufacturing, optimization, ergonomics, bottleneck, seat structure

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

LYČKA, A. *Návrh optimalizace výrobní linky v sériové výrobě*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 80 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh optimalizace výrobní linky v sériové výrobě** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

17.5.2017

Datum

.....  
Bc. Aleš Lyčka

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu práce, panu prof. Ing. Miroslavu Píškovi, CSc. a Pavlovi P. za cenné připomínky a rady, které mi poskytli při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat ostatním zaměstnancům firmy xy, kteří mi byli nápomocni a taky své rodině za podporu během studia.

## OBSAH

Abstrakt .....	4
Prohlášení .....	6
Poděkování .....	7
Obsah .....	8
Úvod .....	11
1 Štíhlá výroba.....	12
2 Toyota production system .....	13
2.1 Jidoka .....	13
2.2 Kanban .....	13
2.3 Kaizen .....	14
2.4 Just in Time.....	15
2.5 3M – formy plýtvání .....	16
2.5.1 MUDA .....	16
2.5.2 MURA .....	17
2.5.3 MURI.....	18
2.6 Poka-yoke .....	18
2.7 Standardizovaná práce .....	19
3 Úzká místa .....	20
3.1 Teorie omezení.....	20
4 Ergonomie .....	21
4.1 Tecnomatix Jack .....	22
5 Analýza a měření práce .....	24
5.1 Přímé měření .....	24
5.2 Nepřímé měření .....	24
5.2.1 Methods Time Measurement .....	25
5.2.2 MTM-SD .....	27
6 Mapování hodnotového toku .....	28
6.1 Value Stream Mapping .....	28
6.2 Špagetový diagram.....	28
7 5S.....	29
8 Bezpečnost práce .....	30
9 Výrobní dávka .....	31
10 Druhy výrob.....	32
10.1 Kusová výroba .....	32
10.2 Sériová výroba .....	32
10.3 Hromadná výroba.....	32



---

11	Rozdělení pracovníků .....	33
12	Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť .....	34
12.1	Volné uspořádání .....	34
12.2	Technologické uspořádání .....	35
12.3	Předmětné uspořádání .....	35
12.4	Modulární uspořádání .....	36
12.5	Buňkové uspořádání .....	36
12.6	Kombinované uspořádání .....	37
12.7	Chaku chaku .....	37
13	Firma XY .....	38
13.1	Vyráběný produkt .....	39
13.1.1	Pohyby sedadlových struktur .....	41
13.1.2	Komfortní funkce sedadlových struktur .....	42
13.1.3	Bezpečnost sedadel automobilu .....	42
14	Původní stav výrobní linky .....	43
14.1	Finální montáž .....	45
14.1.1	Původní půdorys finální montáže .....	45
14.1.2	Tvar linky .....	46
14.1.3	Počet operátorů .....	46
14.1.4	Špagetový diagram .....	46
14.1.5	Vyvážení linky .....	47
14.1.6	Jednotlivé pracovní stanoviště .....	47
14.2	End-Of-Line Tester .....	48
14.3	Opěrka sedadlové struktury .....	49
15	Navrhované změny .....	50
15.1	Výměna pásového dopravníku .....	50
15.1.1	Původní stav .....	50
15.1.2	Navrhovaný stav č.1 .....	52
15.1.3	Navrhovaný stav č.2 .....	55
15.1.4	Navrhovaný stav č.3 .....	57
15.1.5	Porovnání původního stavu a navrhovaných variant 1 až 3 .....	59
15.1.6	Cenová kalkulace .....	60
15.1.7	Volba optimální varianty .....	61
15.1.8	Návratnost investice .....	62
15.1.9	Kontrola hmotnostních limitů .....	63
15.2	Konstrukční změna mazacího zařízení .....	64
15.2.1	Původní stav .....	64

---

---

15.2.2	Navrhované řešení .....	66
15.2.3	Finální provedení .....	68
15.3	Změna rozmístění strojů S2.1, S2.2, S1 a SX1. ....	70
15.3.1	Grafické srovnání původního a navrhovaného stavu.....	70
Závěr.....		72
Seznam použitých zdrojů.....		73
Seznam použitých symbolů a zkratk .....		79
Seznam příloh.....		80

## ÚVOD

Automobilový průmysl je jednou z nejdynamičtějších oblastí strojírenství. Ve výrobě se díky využívání moderních technologií dosahuje vysoké produktivity. I přes obvykle vysoké pořizovací náklady na moderní zařízení se investice firmám navracejí a podniky díky nim udržují svou konkurenceschopnost.

V dnešních firmách působících v automobilním průmyslu se kromě výkonnostních norem stále častěji zaměstnanci zabývají také ergonomií a pracovním prostředím. Omezuje se manipulace s těžkými břemeny, což dovoluje operátorům vykonávat práci bez dlouhodobějších následků na zdraví.

Motivací pro tvorbu tohoto diplomového projektu bylo seznámit se s principy, metodami a technologiemi využívanými v tomto průmyslovém odvětví a přispět svými návrhy ke zlepšení na určené výrobní lince z různých pohledů – zejména ergonomie, štihlosti výroby, výrobních časů, pohybu materiálu atd.

## 1 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Štíhlá výroba (*Lean Manufacturing*) a štíhlé řízení (*Lean Management*) byly definovány v období po druhé světové válce ve společnosti Toyota v Japonsku. [1]

Hlavním důvodem byla poptávka různých variant výrobků, které požadoval tehdejší japonský trh. Sériová produkce, která do té doby fungovala dle modelu Henryho Forda, nebyla schopná uspokojit tehdejší požadavky trhu. Co nejefektivnější uspokojení požadavků zákazníka je nejdůležitější hledisko tohoto vědního oboru. [1]

Štíhlé řízení staví své základy na následujících čtyřech principech [2]:

- a) definování hodnoty z pohledu koncového zákazníka,
- b) identifikace všech kroků v podnikových procesech a vyloučení kroků, které netvoří hodnotu,
- c) vytvoření kroků přidávajících hodnotu v těsném sledu za sebou,
- d) nepřetržité opakování předchozích kroků, dokud nejsou veškeré procesy nepřidávající hodnotu eliminovány.

## 2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

*Toyota Production System* (TPS) je výrobní systém společnosti Toyota.

Filozofie štíhlého řízení a štíhlé výroby zcela změnila fungování velkého množství firem, které měly zájem zůstat na globálním trhu dlouhodobě konkurenceschopné.

Příkladem může být společnost Toyota, která vznikla jako malý hráč na automobilovém trhu. Vyráběla vozidla pouze pro lokální trh v Japonsku. V počátcích se odhadovalo, že produktivita ve firmě bude nižší než jedna devítina oproti produktivitě ve firmě Ford Motor Corporation. Zisky Toyoty byly taky nízké a v roce 1950 firma téměř zkrachovala [3].

Díky zavedení *Toyota Production System* došlo k nastartování nové éry společnosti a nyní je vzorem pro ostatní. Podle údajů z roku 2016 Toyota opět obhájila titul největší automobilky světa v období od ledna do srpna téhož roku [4].















### 2.1 Jidoka

*Jidoka* je princip, který pomáhá zvyšovat kvalitu výrobního procesu. Dává strojům a pracovníkům schopnost detekovat v reálném čase nezvyklou situaci a okamžitě zastavit proces. Každý pracovník má právo spustit varovný signál, anebo úplně zastavit výrobní linku, za předpokladu, že si všimne nějaké abnormality. *Jidoka* nám pomáhá dohledat příčiny problémů tím, že se práce zastaví ihned, jakmile se problém objeví. V neposlední řadě pomáhá pracovníkům si uvědomit, že na nich spočívá odpovědnost za kvalitu. Vychází z principu, že kvalita se nemá kontrolovat, ale musí se vyrábět [5, 6].

### 2.2 Kanban

Slovo *kanban* je možné přeložit do češtiny jako cedule. Úzce souvisí s myšlenkou štíhlé výroby. V praxi je možné jej nejčastěji spatřit ve formě tabule s několika sloupci, například viz obr. 2.1. Každý sloupec znázorňuje jednu fázi v průběhu projektu [7].

Na levé straně se nachází seznam úkolů nebo projektů. Pokrok v jednotlivých projektech se zobrazuje horizontálně zleva doprava. Stav rozpracování lze vyčíst z množství již ukončených fází projektu. Základními skupinami mohou být: udělat, v průběhu, dokončeno [7].

seznam	naplánovat	vyvinout	otestovat	implementace	ukončeno
					
					
					
					

Obr. 2.1: Ukázka jedné z možných forem kanbanové tabule.

Základním prvkem tohoto systému jsou tzv. *kanban karty*. Ty slouží k signalizaci potřeby dodávky materiálu ať už uvnitř firmy, nebo také od dodavatele do dané firmy. Jakmile se skrz logistickou síť karta dostane na určené místo, je to signál, že je potřeba dodat na místo, které vyslalo požadavek, materiál v požadovaném množství [8].

Velké množství společností již dnes nepoužívá *kanbanové karty* jakožto hmatatelnou věc. Trendem je digitalizace, proto se přechází na *elektronický kanban (E-kanban)*. Což pomáhá eliminovat problémy typu ztráty karty nebo chyby při vkládání. Elektronická verze kanbanu může být zaimplementována do integrovaného systému plánování – *Enterprise Resource planning (ERP)*. V tomto případě dojde k výraznému usnadnění a zautomatizování celého procesu objednávek a dodávek materiálů na daná pracoviště. Často se využívá čárových kódů a jejich čteček – viz obr. 2.2 [8, 9, 10].



Obr. 2.2: Ruční čtečka čárových kódů [11].

### 2.3 Kaizen

Slovo *Kaizen* vzniklo jako kombinace Japonských slov *kai* + *zen* (viz obr. 2.3), které doslova znamenají změna k lepšímu. Běžně se ale překládají jako neustálé zlepšování [12]. *Kaizen* je jedním ze stavebních kamenů *TPS*.

改善

Kai = Change    Zen = Good

Obr. 2.3: Grafické znázornění vzniku slova *Kaizen* v Japonském jazyce [13].

Je to nástroj, který pomáhá zvyšovat kvalitu, produktivitu, bezpečnost a pracovní kulturu. *Kaizen* se soustředí na aplikování malých změn každý den. Ty nakonec způsobí velkou změnu v dříve jmenovaných oblastech. Zlepšovací návrhy jsou vyžadovány od všech pracovníků – od manažerů až po dělníky [14].

## 2.4 Just in Time

*Just in Time (JIT)* je logistická technologie překládána jako „právě v čas“. Je nedílnou součástí *TPS*. Hlavní úlohou *JIT* je snížení času, za který výrobek projde procesem výroby nebo montáže a zároveň času dodávek od dodavatelů a k zákazníkům. Jinými slovy je zásadní, aby správné díly potřebné k montáži, dorazily k montážní lince v čase, kdy jsou potřeba a pouze v nutném množství [15].

Pokud společnost zavede *JIT*, může díky tomu snížit zásoby až k teoretické nulové hodnotě. Což je z pohledu řízení výroby ideální stav. V případě produktů sestávajících se z velkého počtu částí, je množství procesů související s výrobou obrovské. Příkladem může být výroba automobilu. Bezchybné zavedení metody *JIT* do výroby je v tomto případě extrémně složité [15].

V případě výskytu chyby v informačním toku, nebo špatném zadání informace do systému, vyústí problémy v pozdější části procesu a následky mohou být velmi významné. Může dojít až k zastavení montážní linky [15].

Při využívání *JIT* je třeba se na tok materiálu podívat jinak, než je běžné. Konečnou montáž je třeba si představit jako startovní bod. Na tomto základě je poté tvořen výrobní plán. Ten zahrnuje typy výrobků, jejich množství a taky čas kdy přesně dojde k jejich finální montáži. Pro tok informací je s výhodami využíváno systému Kanban [15].

Zásadními nástroji související s *JIT* jsou [16]:

- a) tok jednoho kusu – Druh toku materiálu a výrobků vyznačující se snahou vyrábět v nejnižším možném množství.
- b) takt – Ideální rychlost výroby odpovídající požadavkům zákazníka. Výroba v taktu zastřešuje tok jednoho kusu a kanban. Takt pozitivně ovlivňuje pružnost a množství zásob v celém dodavatelském řetězci.

Výhody využití logistické technologie *JIT* [16]:

- snižování času dodávek,
- snížení zásob, nákladů na nehotové výrobky,
- snížení plýtvání, návratnosti investic,
- zvýšení produktivity,
- snížení variabilních nákladů na jeden kus.

## 2.5 3M – formy plýtvání

Hlavním úkolem lean managementu je minimalizovat plýtvání, které způsobuje snižování efektivnosti a hospodárnosti organizací. Plýtvání můžeme rozdělit do tří kategorií – *MUDA* (plýtvání), *MURA* (nepravidelnost) a *MURI* (přetěžování), viz obr. 2.4.



Obr. 2.4: Grafické znázornění forem plýtvání – Muda (plýtvání), Mura (nepravidelnost) a Muri (přetěžování) [17].

### 2.5.1 MUDA

*Muda* neboli plýtvání, označuje proces, u kterého nedochází k přidávání hodnoty pro zákazníka a ten za tyto operace není ochotný platit. Jedná se například o zbytečné pohyby, přesuny atd. Ty způsobují neefektivnost podniku. Důsledkem je snižování zisku společnosti, snižování konkurenceschopnosti, ale také dalších ukazatelů souvisejících s bezpečností a pracovním prostředím [18].

Taiichi Ohno (1988) identifikoval následující základní druhy plýtvání:

- Vady** – Pro odstranění vad je nutné investovat další čas, materiál, energii atd. V případě neopravitelné chyby je nutné výrobek znehodnotit, tím přicházíme o veškeré vynaložené zdroje do procesu výroby. Příčin vzniku chyb je velké množství, jedná se například o nevhodnou konstrukci výrobku, nepozornost, zapomnětlivost, nerespektování pravidel atd. K omezení chyb je vhodné využít zejména poka-yoke [18].
- Nadvýroba** – Tuto formu plýtvání je možné popsat jako výrobu produktu, který zákazník v danou dobu nepožaduje. Na firmu působí negativně díky vázání finančních prostředků v již vyrobených kusech, u nichž ani nemáme jistotu, zda budou nakonec odebrány. Také zvyšuje nároky na skladovací a výrobní plochy [18].
- Nadbytečné zásoby** – Zbytečné skladování výrobků, surovin, rozpracované výroby. Způsobují prodlevy, zastarávání a může dojít k poškození výrobků. Často k němu dochází z důvodu nerovnoměrné výroby, nepravidelné logistice od dodavatelů, prostojů, a taky kvůli delším seřizovacím časům [18].
- Nadbytečné zpracování** – Provádění úkonů, které nejsou nutné. Nedobře zvolené nástroje, nebo chybná konstrukce výrobku. Tvorba vyšší jakosti, než je potřeba [18].
- Zbytečné pohyby** – Zbytečný pohyb pracovníků často souvisí se špatně navrženým pracovištěm, nedodržováním standardů, nedostatečným zaškolením pracovníků nebo



tvorbou zbytečných zásob. Tyto pohyby je možné eliminovat výrobním tokem “jednoho kusu“, optimalizací pracoviště, přípravků, omezením rozpracovanosti [18].

- f) **Zbytečný transport výrobků** – Zbytečné přemísťování materiálu a výrobků z jednoho místa na jiné, kdy tento pohyb není nutný k provedení dané výrobní operace. Zbytečný transport je možné rozdělit na makro-plýtvání, kdy dochází k zbytečné přepravě a přesunům, například protože podnik není ideálně uspořádán. Dále na mikro-plýtvání, které označuje manipulaci s díly a výrobky v prostoru pracovního místa. Jako ostatní druhy plýtvání, ani tyto přesuny nepřidávají hodnotu, hrozí nebezpečí poškození a může docházet k čekání na díly [18].
- g) **Čekání** – V momentě kdy pracovník, nebo stroj čeká, běží čas, který by mohl být využit k vytváření hodnot, vyrábění produktu. Příkladem může být čekání na materiál, čekání stroje na informace, čekání na opravu stroje [19].

Někdy se jako další druh plýtvání uvádí také:

- h) **Tvorba nesprávných hodnot** – Vytváření hodnot, které nesplňují potřeby zákazníka. (Womack and Jones (1996))
- i) **Nevyužití lidského potenciálu** – Nevyužití lidských dovedností, kreativity motivace a jejich tvořivosti [18, 20].
- j) **Plýtvání zdroji a energií** – Příkladem je nezhasínání, nevypínání strojů při nečinnosti atd. [21].
- k) **Vedlejší produkty** – Nevyužívání vedlejších produktů prováděných procesů [21].

Přehled základních typu plýtvání je graficky zpracován na následujícím obrázku 2.5.

Zbytečný transport	Zbytečné skladování	Zbytečný pohyb	Čekání
			
Nadprodukce	Nadbytečné zpracování	Vadné výrobky	Nevyužitý potenciál lidí
			

Obr. 2.5: Druhy plýtvání, které se objevují ve firmách [22].

### 2.5.2 MURA

Pojem *mura* se překládá jako nerovnoměrnost v provozu. Důvodem nerovnoměrnosti mohou být výrobní plány, které nejsou vhodně sladěny s poptávkou zákazníka. Další příčinou bývá nerovnoměrnost sladění jednotlivých částí výrobní linky, kde v různých částech má linka jinak časově náročné operace. To způsobuje situaci, kdy část operátorů čeká na dokončení činnosti jinými operátory, poté musí spěchat a následuje další čekání [5].

### 2.5.3 MURI

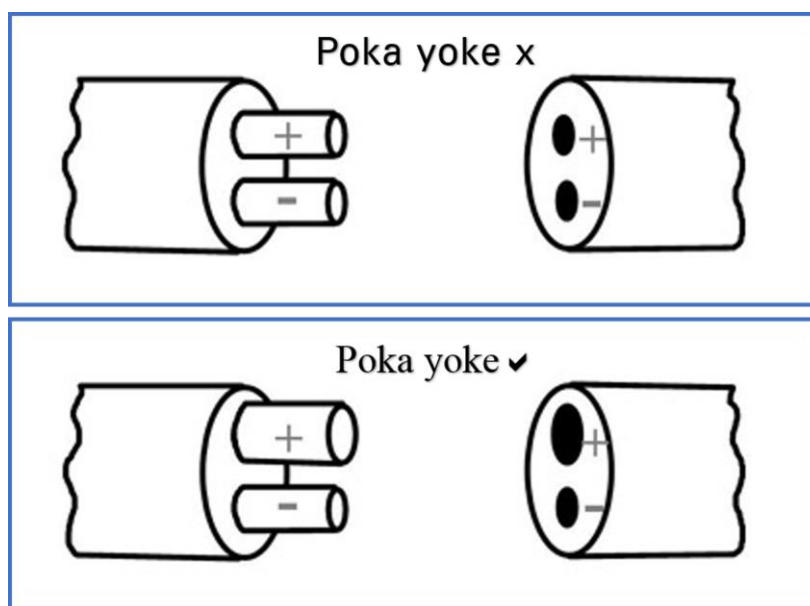
*Muri* označuje činnosti, při kterých dochází k přetěžování zařízení nebo operátorů. Často dochází k požadavku na vyšší tempo nebo práci s vyšší silou a úsilím po delší časové období, než na co je zařízení navrženo a než je pro dané pracovníky vhodné [5].

### 2.6 Poka-yoke

*Poka-yoke* je procesní postup, který umožňuje vykonat činnost pouze jediným možným způsobem. Pochází z Japonska z období šedesátých let dvacátého století, kdy byl aplikován panem Shigeo Shingo. Koncept byl formalizován a poté zapracován do systému *Toyota Production System*. Obecně tento termín označuje jakoukoliv konstrukci, výrobek atd., který eliminuje nesprávné operace uživatele. V průmyslovém prostředí se jako hlavní cíl považuje zabránění lidským chybám ve výrobě. Je to mechanismus z oblasti štíhlých výrobních procesů, který kromě snížení množství chyb výrobnímu/montážnímu operátorovi usnadňuje práci. A to způsobem, kterým omezuje počet variant montáže na jediné správné řešení. Shingo rozlišoval mezi konceptem nevyhnutelné lidské chyby a chybou v produkci. Chybami v produkci jsou myšleny vady, kterým je dovoleno, aby se dostaly až k zákazníkovi. Cílem návrhu *poka-yoke* je navrhnout výrobek tak, aby vady mohly být odhaleny a opraveny okamžitě. Metoda může být uplatněna v jakékoliv fázi výrobního procesu, kde může dojít k chybám [23, 24, 25, 26].

Shigeo Shingo rozlišil tři typy *poka-yoke* pro detekci a vyvarování se chyb ve velkosériové produkci [24, 25]:

- Kontaktní metody identifikují chyby výrobků testováním tvaru součástí, jejich velikosti, barvy nebo jiných fyzických vlastností.
- Metody kontrolující počet pohybů, pokud jich není vykonaný určitý počet, systém člověka upozorní.
- Metody pohybových kroků (nebo sekvencí) určuje, zda předepsané kroky procesu byly dodrženy.



Obr. 2.6: Příklad využití Poka-yoke při vkládání části jedné součástky do druhé [27].

Příkladem z praxe ilustrujícím typ „a)“ může být tvar SIM karty, který je specifický zkosením jednoho rohu. Tím je zajištěno správné vložení do slotu, protože při jakémkoliv jiném natočení SIM kartu nelze vložit. Další příklad je zobrazen na obrázku 2.6.

Typ „c)“ je možné přiblížit příkladem z oblasti automobilního průmyslu, kde jsme nuceni u aut s manuální převodovkou stlačit pedál spojky před tím, než nastartujeme motor.

## 2.7 Standardizovaná práce

Standardizovaná práce je jedna z nejefektivnějších metod, jak vyrobit výrobek nebo vykonat službu, spočívající na vyrovnaném toku za účelem dosažení požadovaného výstupu. Podstatou je rozdělení práce do jednotlivých částí, které jsou seřazeny v sekvencích, organizovány a vykonávány opakovaně [28].

Každý krok procesu by měl být definován a musí být vykonán při každém opakování stejným způsobem. Jakékoliv odchylky, které by se objevily v procesu, by nejpravděpodobněji prodloužily délku trvání cyklu a způsobily kvalitativní problémy [28].

Vzorově bývá popsáno, jak by měl být proces vykonán a jsou zdokumentovány osvědčené postupy. Standardizovaná práce poskytuje východisko, ze kterého se může vyvinout lepší přístup. Ve standardizované práci je neustálá snaha o zlepšení [28].

Obvykle jsou využívány tyto standardní formuláře [29]:

- Procesní list – propočty kapacit různých strojů ve výrobní jednotce,
- Standardní tabulka pracovních kombinací – znázorňuje kombinaci manuálního pracovního času, pohybu a strojového času v sekvenci,
- Standardní tabulka – řeší pohyb operátorů a místo materiálu vzhledem ke strojům a v rámci procesního rozvržení,
- Pracovní list – technické dokumenty popisující výrobní operace,
- Návod k práci – podrobný popis pracovních operací pro zaškolení pracovníků.

### 3 ÚZKÁ MÍSTA

Úzká místa (anglicky *bottleneck*) v materiálovém toku jsou charakteristické omezeným výkonem, negativně působícím na výkon celku. Systém, který se zabývá řízením úzkých míst je označován zkratkou *Optimized Production Technology (OPT)*. Když nepočítáme faktor omezující výkon logistického řetězce, další specifické vlastnosti jsou [30]:

- a) nutnost řídit celý systém podle úzkého místa,
- b) úzké místo výrazně ovlivňuje úroveň plnění požadavků zákazníků,
- c) určují velikost zásoby materiálu a průběh jeho toku,
- d) není vhodné, aby dopravní dávka byla shodná s dávkou výrobní.

V momentě logistického plánování je nutné se zabírat požadavky zákazníků, ale také požadavky vycházející z marketingových průzkumů trhu (predikce). Požadavky od zákazníků a požadavky získané od marketingu kontinuálně porovnáváme s kapacitními možnostmi výroby. Poté je z těchto dat a z vyhotovení rozpisu možné stanovit úzké místo [31].

#### 3.1 Teorie omezení

Teorie omezení neboli v angličtině *Theory of Constraints (TOC)* je komplexní manažerská filosofie, která radí manažerům, jak dovést podnik do stavu prosperující organizace. Hlavním principem je pohled na organizaci jako systém, ve kterém existují v každém momentě omezení úzkým místem. Metoda nabízí množství nástrojů, jak omezení najít a jak se jej úspěšně zbavit [31].

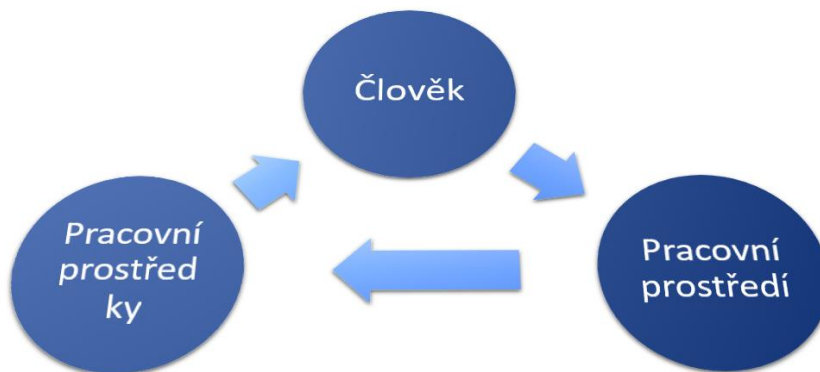
Je poukázováno na to, že v jednom okamžiku se v daném systému nachází jedno úzké místo, které celý systém zpomaluje a snižuje jeho průtok. Optimalizace tohoto úzkého místa vede k omezení čekacích dob a zvýšení produktivity celého výrobního systému.

Postup implementace teorie omezení je následující:

- a) **Identifikace omezení v systému** – dle výsledků hodnocení daného procesu nalezneme nejpomalejší pod-proces, tedy omezení, které brzdí výkon všech ostatních [31],
- b) **Maximalizace využití zjištěného omezení** – hledáme opatření, která povedou k maximalizaci využití kapacity nalezené problematické části řetězce [31],
- c) **Podřízení všeho v systému tomuto omezení** – schvalování takových rozhodnutí, která nedovolí narušení nejvyššího možného využívání omezení. Vyžaduje dát úzkému místu nejvyšší prioritu [31],
- d) **Vymazání systémového omezení** – pokud se podaří účinně odstranit omezení, rychlost systému se zvýší a dále je možné jeho výkon zlepšit pouze poskytnutím zdroje více času. „Typickým příkladem odstranění omezení v této fázi je investice do dalších zařízení, zaměstnání více lidí, přesčas a dodatečné směny, nebo nové marketingové strategie.“ [31],
- e) **Opětovné navrácení k prvnímu kroku** – v průběhu čtvrtého kroku bylo omezení odstraněno, v systému se nyní nutně objeví nový nejslabší článek řetězu, na který je potřeba se zaměřit. Opakování těchto kroků je základním principem procesů trvalého zlepšování [31].

## 4 ERGONOMIE

Pojem *Ergonomie* je odvozen od řeckých slov *érgon* (práce) a *ńomos* (norma, zákon). Je to nauka, zabývající se vztahy mezi lidskou bytostí, pracovním předmětem a pracovním prostředím, viz obr. 4.1 [32].



Obr. 4.1: Grafické zobrazení vztahů, které řeší ergonomie [32].

*Ergonomie* hledá optimální limity pro práci člověka s cílem dosáhnout co nejvyššího výkonu člověka bez poškození zdraví. Toto téma se stává stále aktuálnější díky posunování věku odchodu do důchodu [32, 33].

Důležité pro zabezpečení ochrany zdraví a života pracovníků je snižování nebezpečnosti rizikových faktorů. K těm patří kromě faktorů fyzikálních, biologických, chemických, také právě faktory ergonomické [32, 33].

Pod *ergonomií* řadíme [32, 33]:

- stavbu těla, jeho rozměry, rozměry končetin, rozsah pohybů,
- pohybové stereotypy (dráhy, rychlost, přesnost),
- sílu svalů, tělesnou zdatnost v souvislosti s věkem a pohlavím,
- kapacitu smyslových orgánů,
- myšlenkové procesy a funkce (paměť, představivost, zátěžová tolerance, spolehlivost atd.

Poznatky získané díky *ergonomii* bývají dále aplikovány při výstavbě průmyslových staveb, navrhování strojů, zlepšování stávajících a implementování nových technologií.

Mezi nejdůležitější *ergonomické* zásady na pracovištích patří [33]:

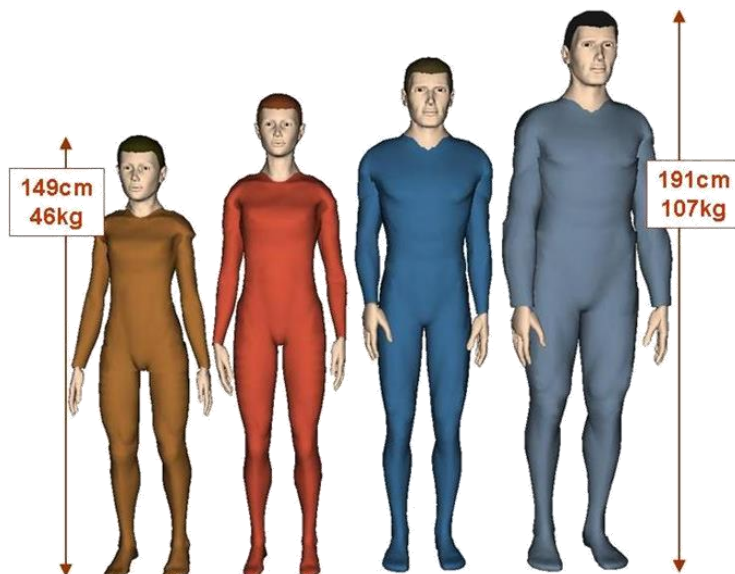
- odpovídající plošné a prostorové rozměry pracovních míst a pracovišť,
- vhodná pracovní poloha,
- vyváženost pracovních pohybů.

Výsledkem nerespektování *ergonomických* pravidel může být zvýšené množství úrazů na pracovišti a nemocí z povolání. Dochází také ke snižování výkonnosti pracovníků a kvality práce [33].

#### 4.1 Tecnomatix Jack

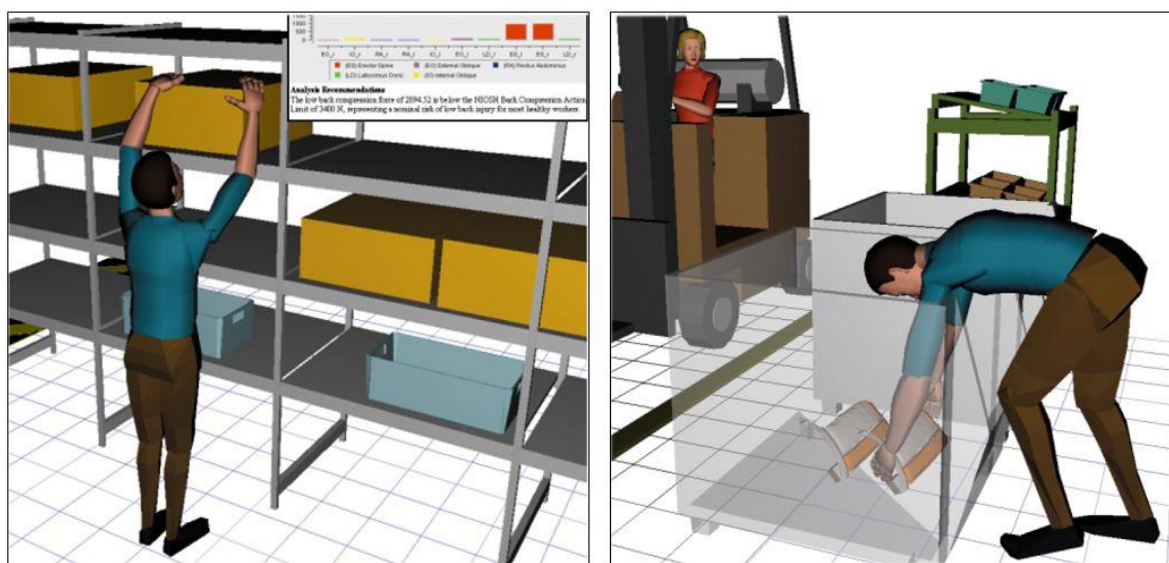
*Tecnomatix Jack* je počítačový program pro simulaci člověka v pracovním prostředí. Výrobní společnosti v různých oblastech řeší ergonomii manuálních operací během brzkých fází návrhu produktu a výrobního plánování. Software *Tecnomatix Jack* dovoluje firmám zlepšit bezpečnost a komfort pracovního prostředí. To vše díky simulaci, do které vstupují lidské modely [34].

Dovoluje analyzovat pracovní místo s modely lidí, které je možné přizpůsobit požadavkům rozdílných populačních charakteristik, zejména rozdílné výšce – viz obr. 4.2. Ta vychází z průměrné výšky jedinců na daném území. Při návrhu výrobní linky například pro Čínu je třeba počítat s nižší průměrnou výškou obyvatelstva ve srovnání s Evropou [34].



Obr. 4.2: Postavy různých proporcí, které je možné zvolit v programu *Tecnomatix Jack* [35].

„Biomechanický model člověka má celkem 69 segmentů a 68 kloubů. Nejdetailněji je tvořena páteř (17 segmentů) a ruce (16 segmentů). S těmito segmenty můžeme manipulovat ve 2-3 osách. Máme tudíž možnost manipulovat celkem až se 135 stupni volnosti.“ [36]



Obr. 4.3: Ukázka pracovního prostředí při simulaci člověka vykonávající ergonomicky nepříliš vhodné operace [36].



Software umožňuje otestovat návrh výrobní nebo montážní linky (viz obr. 4.3) pro široké rozpětí lidských faktorů, zahrnující například riziko zranění, čas k provedení operace, uživatelský komfort, dosah, zda operátor na dané místo vidí, nebo ne, limity únavy a další parametry [34].

*Tecnomatix Jack* vznikl za podpory NASA během osmdesátých let. Do programu je možné vložit CAD soubor, což dává možnost tvorby virtuálního pracoviště nebo celé linky [36].

Program nabízí simulaci pracoviště a pracovního procesu. Je možné simulovat a poté zefektivňovat pohyby člověka v prostorovém prostředí. V kombinaci s analýzami zmíněnými hned vzápětí, je to nástroj k podrobnému návrhu činností pro pracovníky [36].

Kromě simulace, která nám dá lepší představu o tom, jak bude pracoviště vypadat a jak do něj bude člověk zapadat, *Tecnomatix Jack* nabízí také zajímavé analýzy [36]:

- zobrazení zorného pole – jsme schopni vidět to stejné co virtuální model,
- měření vzdáleností mezi okem a sledovaným objektem,
- sledování trasy pohybujícího se předmětu,
- vyhodnocení vzdáleností, kam až člověk daných parametrů dosáhne,
- test kolizí mezi člověkem a ostatními objekty.

## 5 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE

Analýza a měření práce zařazuje aktivity, které vedou k vytvoření optimálního pracovního postupu a k informacím o jednotlivých činnostech, zejména jejich spotřebu času. Postup činností je možné rozdělit do dvou skupin. Nejprve je nutné provést analýzu práce, kdy je třeba se zaměřit na odhalení činností, při kterých dochází k plýtvání anebo jsou neproduktivní. Tím se získají podklady pro zjednodušení vykonávané práce. Výsledkem je poté optimální pracovní postup. V druhé fázi přichází na řadu zabývání se měřením práce. Neboli určením spotřeby času daných činností. Analýza spočívá v pozorování postupu práce a přemýšlením, zda by se nějaké operace nedaly vykonat lépe, zda by nešly úplně eliminovat, sloučit nebo jiným způsobem zjednodušit. Síla měření práce spočívá v analýze, která nám dává předpoklady pro návrh pro nejefektivnější způsob provádění daných činností [37].

Cílem měření práce je určit co možná nejobjektivnější normu spotřeby času. K nejpoužívanějším technikám řadíme časové studie. Ty bývají prováděny přímým měřením s použitím stopek. Další možností je využití nepřímého měření, například metodou předem určených časů, které se využívají čím dál častěji [37].

### 5.1 Přímé měření

Rozlišují se dva základní typy. Pokud se zaměřujeme na pracovníka, jedná se o snímky pracovního dne. Když je výstupem určení času operace pomocí sledování, jde o chronometráž. Ta spadá mezi nejčastěji používané metody pro určení výkonové normy. Principem je rozkouskování sledované operace na jednotlivé úseky. Jejich spotřeba času je následně zapsána do předpřipraveného formuláře [37].

Výhodami přímého měření jsou [37]:

- odstranění extrémních hodnot úkonů a získání vysoké spolehlivosti měření,
- balancování operací (přesun úkolů mezi lidmi),
- definování úkonů, které jsou problematické.

Snímek pracovního dne je metoda, při které se pozoruje spotřeba času bez zastavení během celé směny. Tím se získá celkový přehled o spotřebě času, identifikuje se plýtvání, určí se poměr operací, které nepřidávají hodnotu atd. Používá se, pokud se v procesu objevují často nepravidelné operace. Dá nám totiž informaci, která vede k snadnějšímu určení velikosti přírůstky a taky v případech kdy, je nutné mít informaci o stavu využití jednotlivých osob, např. pokud se jedná o více strojovou obsluhu [37].

### 5.2 Nepřímé měření

Nepřímé měření je rozbor jednotlivých činností na základní pohyby, těm je potom podle náročnosti přiřazený určitá hodnota spotřeby času [37].

Při porovnání přímých a nepřímých měření jsou výhody nepřímých metod následující [37]:

- nedochází ke zkreslení z důvodů subjektivity při stanovování stupně výkonu (metody předem určených časů kalkulují se stupněm výkonu 100%),
- možné použít pro určení budoucích operací,
- lze využít při racionalizaci pracovního postupu, uspořádání pracoviště a organizaci.

Mezi nejznámější a nejpoužívanější metody nepřímého měření patří MTM s MOST. Obě tyto metody existují ve více variantách, které se liší podle typu prostředí, ve kterém se využívají.



### 5.2.1 Methods Time Measurement

*Methods Time Measurement* neboli zkratkou *MTM*, je možné přeložit jako měření času metod. Je to pomocník sloužící k měření a analýze práce. Metoda *MTM* pracuje s předdefinovanými časy. Její historie započala ve 40 letech v USA. Při popisu metody se využívá pojem úroveň metody, s jehož pomocí se rozhoduje, jaký standard navrhování bude pro skutečný nebo navrhovaný výrobní systém vhodný s dostatečnou přesností. Základní časovou jednotkou je *Time Measurement Unit (TMU)*, kde platí [38]:

Tab. 5.1: *MTM* [39].

1 TMU	0,00001 hodin
1 TMU	0,0006 minut
1 TMU	0,036 sekund
1 hodina	100 000 TMU
1 minuta	1 667 TMU
1 sekunda	27,8 TMU

Během analýzy pohybů většinou zkoumáme faktory ovlivňující čas potřebný na jejich provedení.

Jedná se zejména o [38]:

- vzdálenost měřená [cm],
- hmotnost vyjádřená [kg],
- úhel (měřený v šedesátkové soustavě),
- typy pohybů.

Pohyby se dělí do skupin [38]:

- pohyby horních končetin - 8 pohybů,
- pohyby očí - 2 pohyby,
- pohyby dolních končetin a těla - 15 pohybů.

Tab. 5.2: *MTM, Pohyby prstů, rukou a paží* [39].

ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Sáhnout	R	Reach
Uchopit	G	Grasp
Pustit	RL	Release-load
Přemístit	M	Move
Obrátit	T	Turn
Tlačit	AP	Apply pressure
Umístit	P	Position
Oddělit	D	Disengage
Točit	C	Crank

Tab. 5.3: *MTM, Pohyby očí* [39].

ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Zaostření oka	EF	Eye focus
Sledování pohledem	ET	Eye travel

Tab. 5.4: MTM, Pohyby těla a dolních končetin [39].

ČESKY	ZNAČENÍ	ANGLICKY
Pohyb chodidla	FM	Foot motion
Pohyb nohy	LM	Leg motion
Úkrok	S	Side step
Otočení trupu	TB	Turn body
Předklonit se	B	Bend
Vzpřímít se	AB	Arise from bending
Ohnout se	SS	Stoop
Vzpřímít se	AS	Arise from stooping
Kleknout na jedno koleno	KOK	Kneel from stooping
Kleknout na obě kolena	KBK	Kneel from both knees
Povstat z jednoho kolena	AKOK	from kneel on one
Povstat z obou kolen	AKBK	from kneel on both
Sednout	SIT	Sit down
Vstát ze sedu	STD	Stand up
Chůze	W	Walk

Stavebním kamenem MTM metody je systém MTM-1. Podstata metody spočívá ve faktu, že manuální lidská práce se skládá z různých pohybů a úkonů. Doba potřebná pro provedení určité operace je závislá na metodě, kterou je daná činnost vykonávána [40].

MTM každou práci rozděluje na malé úseky pohybů, které jsou vymezeny jejich povahou a podmínkami za nichž jsou vykonávány. Tyto elementární pohyby jsou nazývány mikro pohyby. Časy pro jejich provedení jsou známy – byly určeny na základě mnohých filmových záznamů konkrétních mikro pohybů. [40]

Časové normativy metody MTM jsou seřazeny do přehledných tabulek. Časy zachycené v tabulkách počítají s tzv. normální zručností člověka. „Normální zručnost je zručnost pracovníka, který dostatečně dlouho vykonává stejnou práci, takže ji může provádět bez zbytečného otálení a bez zbytečného uvažování, aniž by se dopouštěl chyb.“ [40]

Jednotlivé druhy a případy pohybů jsou označeny smluvenými symboly, které jsou jednotné a mezinárodně platné [40].

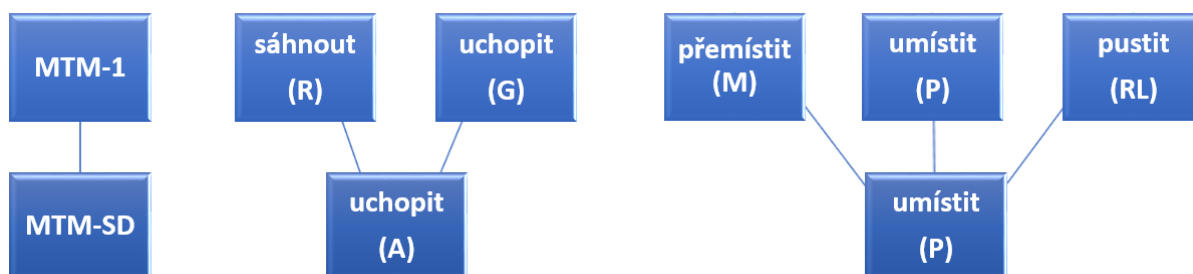
S pomocí MTM je možné nejen optimalizovat již existující pracovní prostředí, ale taky optimalizovat návrh nového produktu a následně jeho výrobu od úplného počátku [40].

- V prvotní fázi vývoje výrobku a při plánování procesů je vhodné využít metodu Prokon (konstrukce vhodná pro výrobu) – jedná se o MTM nástroj navrhování výrobku z hlediska jejich vhodnosti pro montáž. Součástí této fáze je také zohledňování ergonomických požadavků na výrobek [40].
- Období vývoje procesů je vyhrazeno plánování pracovních systémů s ohledem na hospodárné a ergonomické aspekty. Cílem je dosáhnout již v momentě nazývaném *Start of Production (SOP)* nejlepší možnou úroveň produktivity [40].
- Poslední fáze, když už je výrobní proces v provozu a úkolem je jej dále zefektivnit [40].

Výhodou je velmi přesné popsání jakýchkoliv pracovních postupů. Nevýhodou naopak časová náročnost vypracování, protože je třeba pracovní postupy rozebrat na velmi malé úseky [40].

### 5.2.2 MTM-SD

Na základě původní metody MTM-1 byl vytvořen systém MTM-SD. V podstatě se jedná o sdružení mikro pohybů používaných v MTM-1 do větších logických celků – viz obr. 5.1. Jsou vytvořeny blokové systémy, které stále nabízejí dostatečně přesné hodnoty, ale výrazně zkracují čas potřebný pro zpracování dat.



Obr. 5.1: MTM-1 vs. MTM-SD [32].

Tab. 5.5: MTM-SD – pohyby těla [41].

Pohyby těla		Kód	TMU
Přemístění nohy (malý pohyb chodidla nebo nohy)		KFV	9
Přemístění těla	Krok, úkrok, otočení	KVS	17
	Ohnutí, shýbnutí, kleknutí (včetně narovnání)	KVB	61
Sednout a vstát	Normální sezení	KSN	108
	Sed – stoj	KSS	246

## 6 MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU

### 6.1 Value Stream Mapping

*Value stream mapping (VSM)* je speciální typ vývojového diagramu. Jedná se o techniku štíhlého managementu, která je využívána k dokumentování, analýze a zlepšování toku informací nebo materiálu v produkci nebo službách. Cílem je optimalizování hodnotových toků ve firmě a zajištění tvorby optimální hodnoty pro zákazníka. Bývá graficky znázorněna pomocí diagramu s použitím speciálních symbolů jazyku *Lean*. [42]

Do výroby prakticky každého výrobku zasahuje více než jedno z firemních oddělení. Proto často najít osamocené zlepšení jen na jednotlivých odděleních nestačí a je potřeba se na problematiku hodnotových toků podívat z většího nadhledu. Tato analýza pomáhá objevit plýtvání a tím dává předpoklady pro jejich eliminaci. [42]

### 6.2 Špagetový diagram

Špagetový diagram je nástroj, který svým zaměřením patří do oblasti normování práce. Slouží k vizualizaci pohybu pracovníka, toku materiálu ale taky například toku informací v průběhu výroby nebo logistickým řetězcem v jistém časovém období. Kromě toho je možné sledovat také tok energií a tok informací skrz jednotlivé oddělení a celou firemní kulturou v daném časovém období. Při sledování ať už lidí či materiálů nebo výrobků, se znázorňují do půdorysného plánu všechny jeho pohyby – viz obr. 6.1. Tato metoda slouží ke zlepšování, jako podklad k optimalizaci pracovních procesů. [43, 44]

Odhaluje množství chůze mimo pracoviště, která není nutná a výstupy z této analýzy mohou pomoci objevit činnosti, které nepřidávají hodnotu a taky podstatu jejich vzniku. Mezi důvody pro nasazení této metody patří zvyšování produktivity, určení normo-časů a jako podklad pro vyjádření neefektivnosti. [43, 44]



Obr. 6.1: Špagetový diagram [43].

## 7 5S

5S je velmi rozšířený model, jehož cílem je dosažení efektivního pořádku na pracovišti. Kromě pořádku jeho implementací můžeme dosáhnout taky větší efektivity, bezpečnosti, vizuálního managementu a základů standardizované práce. [45]

Jedná se o jeden z nejdůležitějších nástrojů štihlé výroby. Kromě standardizace práce, která zajistí stabilní základ k možnosti implementovat další zlepšení díky využití metod štihlé výroby, poskytuje nám 5S taky výhodu spojenou s vizualizací pracoviště. Jedním z nejdůležitějších důsledků zavedení 5S je fakt, že činí problémy na první pohled zřejmé. [45]

Metoda 5S je týmový proces a v ideálním případě by měl být prováděn lidmi, kteří pracují v prostorách ve kterých je potřeba jej implementovat. Není to nástroj, který by mohl být zaveden člověkem mimo podnik, na pracoviště bez znalostí a bez spolupráce s lidmi z daného pracoviště. [45]

5S jako sbírka metod vychází z *TPM (Total Productive Maintenance)* a *TPS (Toyota Production System)*. Frank Gilbreth dokázal, že zlepšením ergonomie pracovních metod zedníků dokázal snížit množství požadovaných jednotlivých pohybů a zvýšil hodinový výstup ze 120 na 350 cihel položených za hodinu. [45]

5S je metodický způsob uspořádání pracovního místa a pracovních činností stejně tak, jako filozofie a způsob práce. Je rozdělen do pěti skupin, kde každá z nich je pojmenována termínem začínajícím písmenem S a to v původní japonštině, ale i v anglickém překladu. [45]

- **separovat** – Třídění je první pravidlem v 5S. Odkazuje na nutnost rozdělit nepořádek od potřebných věcí v rámci pracovního prostředí. Tato fáze vyžaduje od týmu, aby odstranil všechny věci, které nepatří do pracovního prostoru a ponechat jen ty které jsou nezbytné pro vykonávané činnosti.
- **systematizovat** – Proces roztrídění požadovaných věcí, které zbyly po prvním kroku a jejich srovnání efektivním způsobem, podle ergonomických pravidel a zajistit, že každá věc má své místo a taky je na svém místě.
- **stále čistit** – Třetí krok je důkladné čištění prostoru, nástrojů, strojů a ostatního vybavení.
- **standardizovat** – Předposlední fáze se zabývá standardizací. Tzn. zajištění toho, aby výsledky předchozích tří kroků se staly standardizovanými. K tomu dojde, když budou mít všichni společné normy a způsoby práce. Standardizovaná práce je jeden z nejdůležitějších principů štihlé výroby.
- **sebedisciplína** – Konečná fáze zajišťuje, že společnost pokračuje v zaběhnutém vylepšování předchozích kroků metody 5S. Je udržován úklid a jsou prováděny audity a tak dále. 5S by se měla stát součástí podnikové kultury a odpovědností každé jediné osoby, která je součástí organizace. [45]

5S je považováno za jednu z technik, která nám dovoluje vyrábět v režimu Just in Time. [46]

## 8 BEZPEČNOST PRÁCE

Dle zákona č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochraně zdraví při práci (BOZP), ve znění pozdějších předpisů, § 3 Požadavky na pracoviště a pracovní prostředí na staveništi, jsou stanoveny kritéria bezpečnosti:

- „Hygienické limity pro ruční manipulaci s břemeny (§ 29 NV):*
- (1) Hodnocení zdravotního rizika při ruční manipulaci s břemenem zahrnuje mimo posouzení hmotnosti ručně manipulovaného břemene, kumulativní hmotnosti a vynakládaného energetického výdeje i vyhodnocení pracovních podmínek, za kterých k ruční manipulaci dochází.*
  - (2) Hygienickými limity ruční manipulace s břemenem se rozumí hodnoty směnové průměrné a směnové přípustné přepočtené na průměrnou osmihodinovou směnu.*
  - (3) Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného mužem při občasném zvedání a přenášení je 50 kg, při častém zvedání a přenášení 30 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene mužem 5 kg.*
  - (4) Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně mužem je 10 000 kg.*
  - (5) Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného ženou při občasném zvedání a přenášení je 20 kg, při častém zvedání a přenášení 15 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene ženou 3 kg.*
  - (6) Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně ženou je 6 500 kg.*
  - (7) Občasným zvedáním a přenášením břemene se rozumí přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Uvedená celková doba přenášení a zvedání břemene v průměrné osmihodinové směně je průměrným hygienickým limitem.*
  - (8) Hygienické limity pro přípustné hodnoty energetického výdeje při ruční manipulaci s břemeny pro muže a ženy jsou upraveny v příloze č. 5 k tomuto nařízení, části A, tabulkách č. 1 - 4.*
  - (8) Hmotnost břemen a podmínky ruční manipulace s břemeny těhotnými ženami, kojícími ženami, matkami do konce devátého měsíce po porodu a mladistvými jsou upraveny zvláštním právním předpisem.*
  - (9) Přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku je a) pro muže tlačné 310 N a tažné 280 N, b) pro ženy tlačné 250 N a tažné 220 N.“ [47]*

## 9 VÝROBNÍ DÁVKA

Výrobní dávka je množství výrobků, součástí nebo dílů, které se do výroby zadávají a jsou z výroby odváděny současně. Na dávku jsou taky jednorázově vynaloženy konstantní náklady. Další vlastností je jejich zpracování na jednotlivých stanovištích v těsném časovém sledu a dávka je evidována v průběhu výroby jako celek. Při hledání optimální výrobní dávky je třeba zvážit řadu faktorů [48].

Při zvyšování velikosti výrobní dávky se projeví následující kladné trendy [48]:

- dojde ke snižování fixních nákladů,
- zvyšuje se produktivita práce,
- zjednodušuje se operativní řízení výroby.

Negativní projevy zvětšování velikosti výrobní dávky [48]:

- zvýšení nákladů na skladování,
- zvýšení vázanosti obrátového kapitálu,
- zvýšení vázanosti výrobních a manipulačních ploch,
- prodlužuje se průběžná doba výroby,
- snižuje se odolnost výroby proti změnám a poruchám.

Pro každý druh výroby se hodí jiná výrobní dávka, přehled faktorů spojených se zvětšováním či zmenšováním dávky je vyobrazen na obrázku 9.1.



Obr. 9.1: Faktory působící na výrobní dávku [45].

Existuje více metod pro stanovení výrobní dávky. Nejpoužívanější jsou metoda výpočtu minimální dávky, metoda výpočtu optimální dávky, metoda standardizované frekvence dávkování a metoda pevných dávek [48].



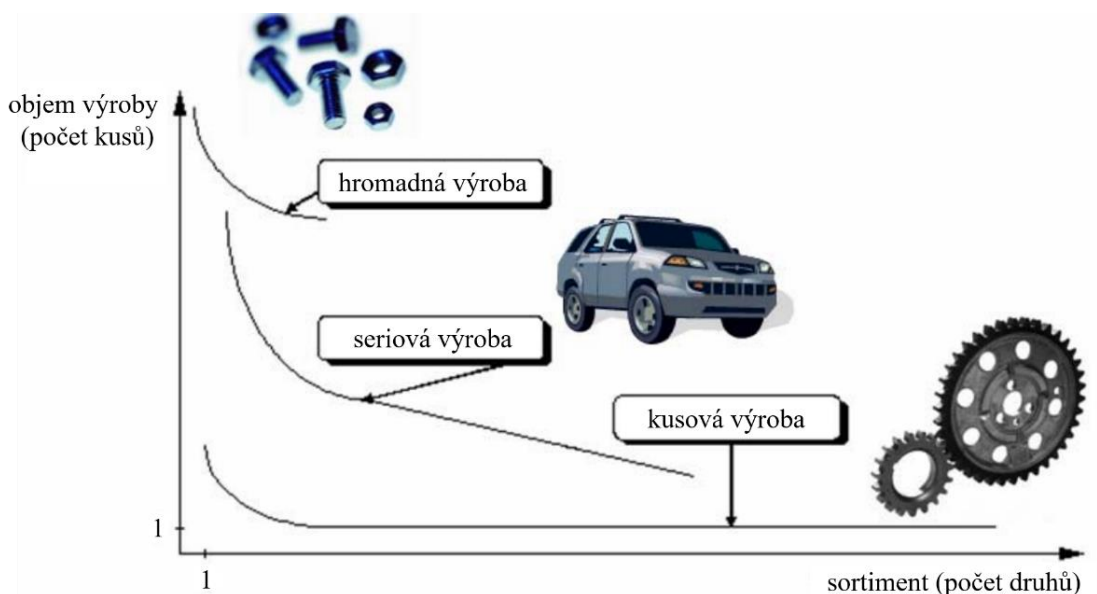
## 10 DRUHY VÝROB

Rozdělení typu výrob se nejčastěji provádí dle množství vyráběných kusů a počtu druhů výrobků.

Základní dělení druhů výrob je na [49]:

- výrobu kusovou,
- výrobu sériovou,
- výrobu hromadnou.

Obecně je velice problematické určení přesné hranice mezi jednotlivými typy výrob [50]. Dobrou představu může poskytnout obr. 10.1:



Obr. 10.1: Charakteristika typů výroby [49].

### 10.1 Kusová výroba

V kusové výrobě, označované taky jako zakázková, bývá vyráběno velké množství rozdílných typů výrobků v malém počtu kusů. Opakování je nepravidelné nebo k němu nedochází. Využívány jsou univerzální stroje a pracovníci s vysokou kvalifikací. Vyrábí se na zakázku a to zejména složité výrobky [49].

### 10.2 Sériová výroba

Pokud zvýšíme počet vyráběných kusů a sníží se množství vyráběných druhů výrobků, jedná se o sériovou výrobu. Množství kusů, které se zadává do výroby společně v jeden okamžik se označuje jako výrobní dávka. Výroba této dávky se opakuje. Tento fakt dává předpoklad pro zvýšení specializace pracovišť. Využívají se specializované stroje [49].

Dle velikosti sériové výroby se používá další dělení, a to na a) malou sérii, b) střední sérii, c) velkou sérii [50].

### 10.3 Hromadná výroba

U hromadné výroby dochází k výrobě jednoho nebo velmi malého množství druhů výrobků. Vyznačuje se dlouhou ustáleností výroby stejných výrobků. Není nutná vysoká kvalifikace pracovníků [49].



## 11 ROZDĚLENÍ PRACOVNÍKŮ

Pracovníky, kteří vykonávají činnosti v průmyslové výrobě je možné rozdělit do následujících kategorií [51]:

- dělníci
- pomocní obsluhující pracovníci – pracovníci ve skladu, logistice
- inženýrsko-techničtí pracovníci – technologové, konstruktéři, vedoucí provozů
- administrativní pracovníci – zejména zaměstnanci v ekonomických odděleních podniku
- ostraha
- pracovníci neprůmyslových činností – zaměstnanci zajišťující úklid, zaměstnanci v jídelně

## 12 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY ROZMÍSTĚNÍ STROJŮ A PRACOVIŠŤ

Rozmístění strojů a pracovišť vychází zejména z požadavků kladených na výrobu.

Důležitými kritérii pro rozmístění strojů a pracovišť jsou [52]:

- hospodárnost výroby,
- přehlednost uspořádání,
- přímočarost a nevratnost technologického toku,
- minimalizace manipulace,
- minimalizace využívaného prostoru,
- bezpečnost atd.

V dnešní době jsou mezi základní způsoby rozmístění považovány následující [52]:

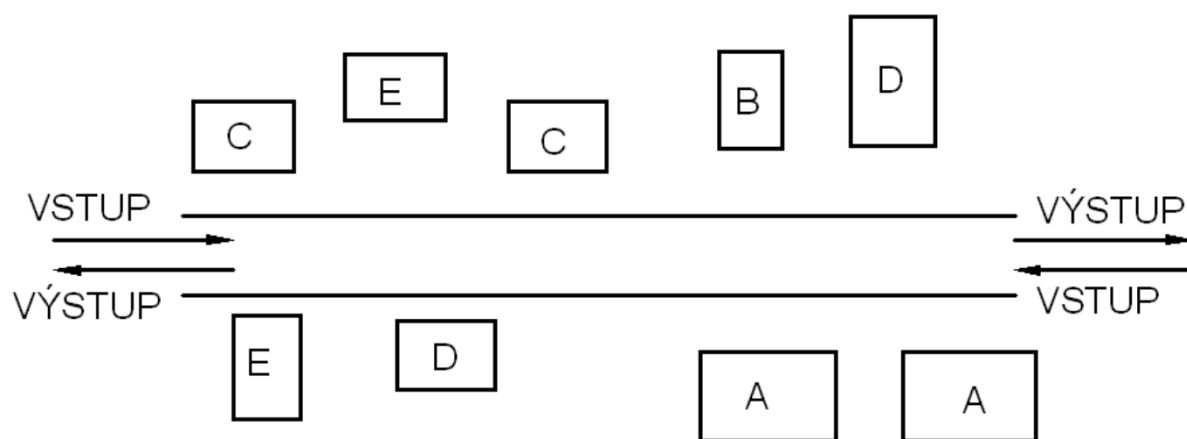
- volné (obr. 12.1),
- technologické (obr. 12.2),
- předmětné (obr. 12.3),
- modulární (obr. 12.4),
- buňkové (obr. 12.5).

A jejich rozdílné kombinace.

### 12.1 Volné uspořádání

Při volném uspořádání jsou stroje rozmístěny náhodně. Objevují se hlavně v provozech, kde nebylo možné před jejich rozmístěním určit materiálový tok, návaznost jednotlivých operací a další organizační či řídicí vztahy [52].

Nejčastěji se s ním je možné setkat v prototypových a údržbářských dílnách. Kdy se po nákupu stroj postaví tam, kde je k dispozici místo. I v případě tohoto druhu uspořádání by však měla být dodržena alespoň základní výrobní a hygienická kritéria [52].

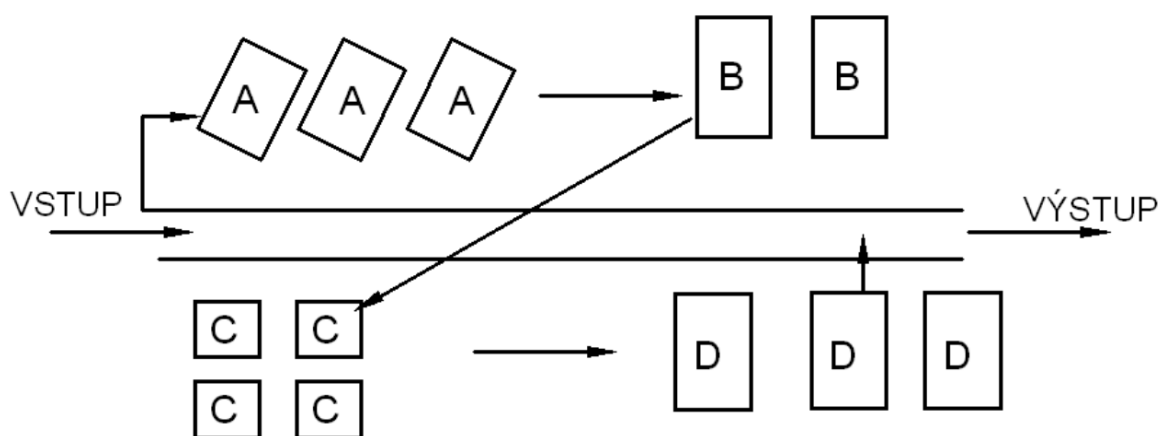


Obr. 12.1: Ukázka volného uspořádání pracovišť [53].

## 12.2 Technologické uspořádání

Technologické uspořádání patří mezi nejstarší. Při tomto způsobu se využívá shlukování stejných typů strojů na jednom místě. Pohromadě potom bývají svařovací stroje, tvořící svařovnu, kovací stroje v kovárně a obráběcí stroje v obrobně. Tato struktura může být vnořena ještě hlouběji do daných uspořádání, kdy například v obrobně jsou seskupeny v určitých oblastech frézky, soustruhy atd. [52].

Hlavním důvodem pro volbu technologického uspořádání je velmi různorodý sortiment vyráběných součástí, proto není možné určit jednotný směr toku materiálů. Nejčastěji je možno se s technologickým uspořádáním setkat v kusové a malosériové výrobě v oblasti těžkého strojírenství [52].



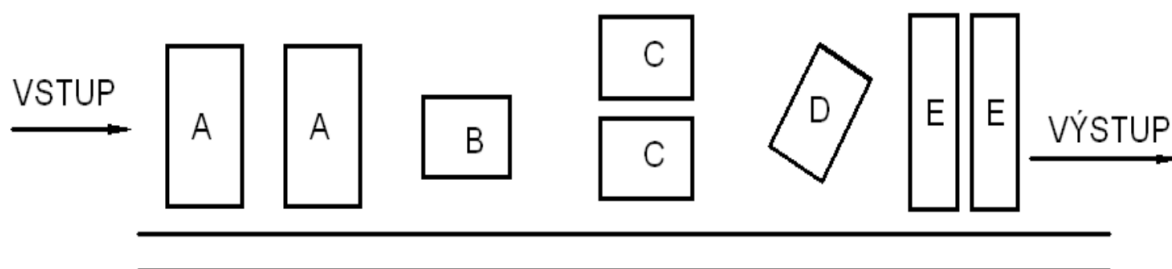
Obr. 12.2: Ukázka technologického uspořádání pracovišť [53].

## 12.3 Předmětné uspořádání

Předmětné uspořádání je vhodné při vyšší sériovosti výroby a taky při výrobě malých sérií, které se opakují. Stroje jsou seřazeny podle technologického postupu výrobku. Aby bylo možné zavést progresivnější předmětné uspořádání, je třeba aby ve firmě bylo technická příprava výroby na vysoké úrovni a taky vyspělé plánování výroby [52].

Pokud je sestavena skupina součástí, které vytíží dané stroje na 80 %, poté je vhodné pro ně uspořádat pracoviště do linky. Výrobní linka je považována za dokonalejší stupeň předmětného uspořádání pracovišť [52].

Nejvyšší stupněm je automatická synchronizovaná linka, která je složena ze speciálních jednoúčelových strojů. Dalším charakteristickým prvek této linky bývá společný dopravník, který bývá ovládán řídicím panelem nebo řídicí technikou [52].

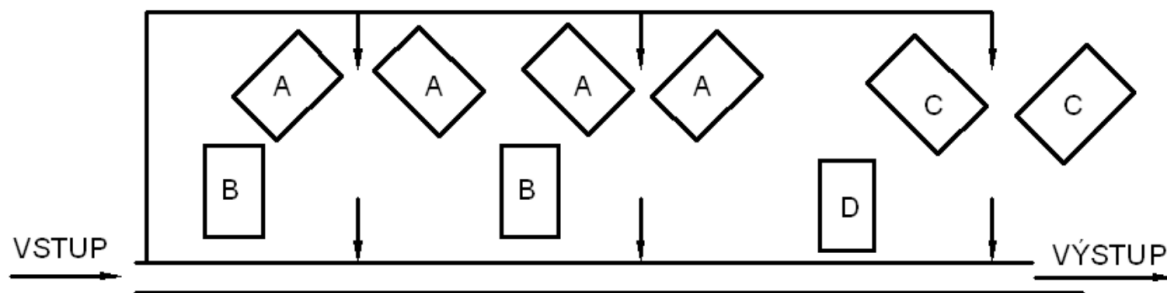


Obr. 12.3: Ukázka předmětného uspořádání pracovišť [53].

### 12.4 Modulární uspořádání

Modulární uspořádání se začalo objevovat s rozšířením NC strojů. Pro tento typ uspořádání je specifické využití shodných technologických bloků, kde všechny zvládají více technologických operací.

Příkladem modulárního uspořádání může být skupinové nasazení NC strojů v běžně řízené dílně nebo například seskupení více obráběcích center. Výhod modulárního pracoviště se využívá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenství v kusové a malosériové výrobě. U modulárního typu rozmístění je potřeba pečlivě a detailně naprojektovat všechna pracoviště [52].



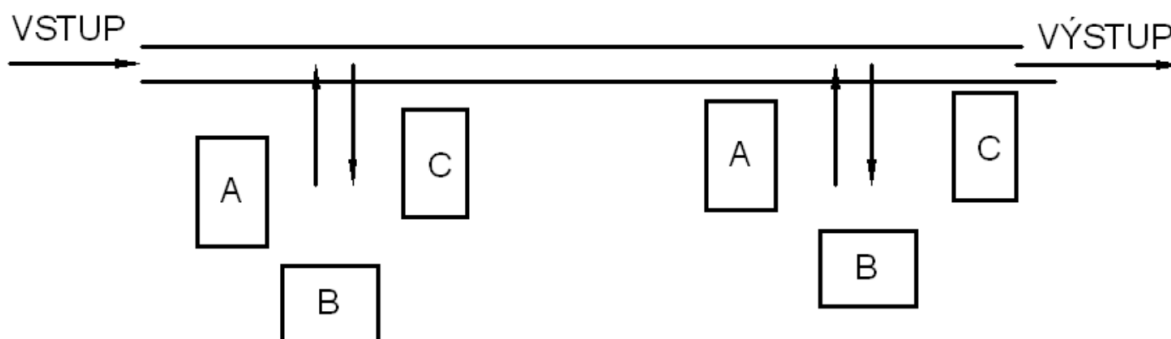
Obr. 12.4: Ukázka modulárního uspořádání pracovišť [53].

### 12.5 Buňkové uspořádání

Uspořádání buňkového typu taky řadí mezi novější způsoby uspořádání pracovišť. Buňka obvykle obsahuje stroj, vyznačující se vysokou produktivitou s automatizovaným nebo mechanizovaným okolím (například robot, zásobníky, mechanismy na otáčení a polohování výrobku [52].

Jako příklad se uvádí plně mechanizovaná, automatizovaná a robotizovaná pracoviště tak zvaných automatizovaných výrobních systémů (AVS). V AVS bývá běžně více výrobních zařízení, kde mezi nimi bývá do detailů řešena průběžná manipulace a taky řídicí systém. Ten je ovládán nadřazeným připojeným řídicím systémem [52].

Využití buňkového uspořádání je podobné jako u předchozího, modulárního uspořádání. V případě buňkového uspořádání jsou vykonávány přípravné činnosti na pomocném pracovišti. To i ve stejný čas, kdy je hlavní pracoviště v chodu [52].



Obr. 12.5: Ukázka buňkového uspořádání pracovišť [53].

## 12.6 Kombinované uspořádání

Díky tomu, že každý z předchozích způsobů uspořádání má své výhody a nevýhody, při projektování rozsáhlejších celků není vhodné využít pouze jeden způsob uspořádání. Je třeba zkombinovat dva či více typů.

Dle skript Projektování výrobních systémů [52] je nejčastěji používaná kombinace technologického a předmětného způsobu uspořádání. Příkladem může být provoz, kde se velké množství součástek vyrábějí v ekonomických dávkách na mezisklad montáže s technologickým uspořádáním a následující montáž je již organizována jako předmětně uspořádaná linka.

## 12.7 Chaku chaku

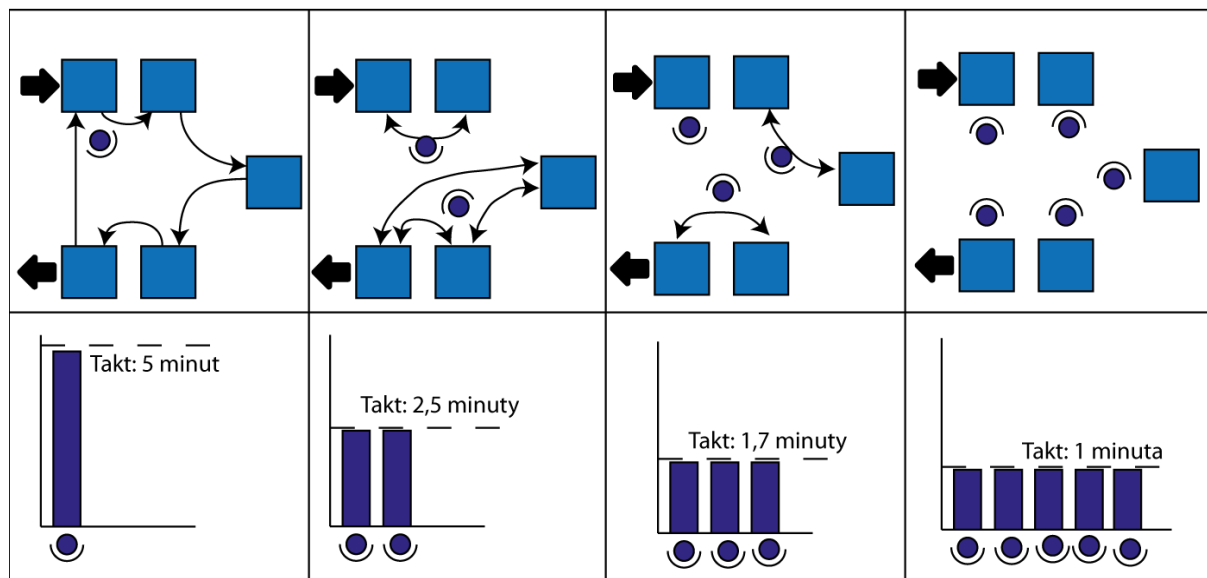
Termín *chaku chaku* pochází z japonštiny a znamená jedno kusový výrobní proces, který je založený na buňkovém uspořádání linky – viz obr. 12.6 [54].

Tradičním přístupem je mít stroje vykonávající podobné procesy ve skupinkách spolu. Díky tomu dochází k provádění každého kroku procesu výroby v jiné části továrny. Jednotlivé typy strojů zpracovávají materiál v dávkách. Jakmile je dávka na daném stanovišti dokončena, je poslána na další [54].

Při využití způsobu uspořádání *chaku chaku* pracovník v buňce vezme jeden zpracovaný kus ze stroje a přesune jej ke zpracování na další stanoviště výrobního procesu. Jeden pracovník je zodpovědný za celý proces, od začátku až do konce [54].

Všechny stroje potřebné k vyrobení jednoho kusu jsou umístěny na malé ploše v buňce a ke všem má operátor rychlý přístup. Každý proces, který může být automatizovaný, je automatizovaný. Pracovník pouze vloží materiál do stroje, ale stroj již opracovaný materiál vyloží sám [54].

Výhodou je snížení množství nedokončené výroby, snížení vad a vysoké využití lidské práce a prostoru [54].



Obr. 12.6: Chaku – Chaku [55].

## 13 FIRMA XY

Firma, ve které je zpracován tento diplomový projekt působí v oblasti automobilního průmyslu. Což je oblast, která je naprosto klíčová pro český HDP<sup>1</sup>. Výrobky produkované tímto odvětvím musí splňovat vysoký standard, zejména z hlediska bezpečnosti. Protože i chyba, která se může zdát během výroby pouze jako nevýrazné překročení tolerancí, může u koncového zákazníka napáchat obrovské škody a také ohrozit zdraví či životy.

Firma xy je českou pobočkou zahraniční společnosti nacházející se v průmyslové zóně v Moravskoslezském kraji.

Jedním z produktů vyráběných firmou xy jsou sedadlové struktury do automobilů. Přesněji mechanické konstrukce skrývající se pod čalouněním. Konstrukce ovlivňuje tvar celého sedadla, jeho bezpečnost, rozsah možných nastavení, tvoří velkou část hmotnosti celého sedadla.

Sedadlové struktury jsou důležitou součástí automobilu. Člověk je při řízení často ani nevnímá, přitom ale hraje naprosto zásadní roli v pohodlí a bezpečnosti cestování osobním automobilem, nákladním automobilem nebo prostředkem hromadné dopravy.

Stejně tak jako automobily samotné, sedadlové systémy existují v nepřeberném množství variant. U vyšších tříd automobilů již dnes není výjimkou mít v sedadlech masážní funkce, chlazení pomocí větráků a taky vyhřívání, které již je standardem i v nižších třídách automobilů.

---

<sup>1</sup> Hrubý domácí produkt

### 13.1 Vyráběný produkt



*Obr. 13.1: Konstrukce sedadlové struktury automobilu; ilustrační obrázek [56].*

Sedadlová struktura automobilu (viz. obr 13.1) se skládá ze dvou základních částí. První z nich je sedák a druhou opěrka. U obou tvoří nosnou kostru tzv. bočnice, na kterou jsou připevněné další dílčí komponenty.

U opěrky se jedná o pružný síťový komponent, které zajišťuje přenos váhy pasažéra do nosných bočnic. V horní části opěrky se nachází výškově nastavitelná hlavová opěrka. Ta plní bezpečnostní funkci, zejména při nárazu jiného vozidla do zadní části automobilu. Další funkce je komfortní – dovoluje pasažérovi si opřít hlavu a uvolnit krční svaly.

Opěrka je se sedákem spojena šrouby a otočným mechanismem. Ovládání otočného mechanismu se provádí pouze z jedné strany a rotační pohyb je přenesen hřídeli na protilehlou stranu konstrukce. Tím je zajištěno současné polohování levé i pravé bočnice.

Součástí sedáku je stejně tak, jako u opěrky, pružný element (obr. 13.2), zajišťující rozložení váhy člověka.



*Obr. 13.2: Pružný element [57].*

Dalším prvkem je mechanismus zajišťující pohyb celé sedadlové struktury nahoru a dolů (obr. 13.3). Ovládán je také jen z jedné strany a k přenosu pohybu na druhou stranu je použit podobný mechanismus jako v případě naklápění opěrky.

Při pohybu vzhůru je potřeba, aby došlo k překonání velké tíhové síly sedícího člověka, k čemuž by bylo potřeba silného motoru, popřípadě by bylo vyžadováno vynaložení velké síly člověka. Proto se v praxi využívá torzní pružiny, která při pohybu sedadla vzhůru pomáhá motoru, nebo člověku s pohybem, a naopak při pohybu dolů se deformuje a působí proti pohybu. Tím se snižuje rozdíl mezi silami nutnými pro pohyb dolů a nahoru.



*Obr. 13.3: Mechanismus zvedání sedáku [58].*

Sedadlový systém je s kosterou automobilu spojen pomocí kolejnic (obr. 13.4). V případě manuálního pohonu navíc opatřena zarážkami pro aretaci sedadlové struktury v požadované poloze.



*Obr. 13.4: Kolejnice [59].*



### 13.1.1 Pohyby sedadlových struktur

Samozřejmostí je možnost uzpůsobení sedadlové struktury dle potřeb posádky automobilu. Základním pohybem je pojezd dopředu a dozadu po kolejnících. Jedna část kolejnice je připevněna ke kostře automobilu a druhá k struktuře sedadla. Mechanismus dovoluje pohyb dopředu a dozadu a bezpečné zajištění na zvoleném místě. Pohyb dopředu a dozadu může být zajištěn pomocí elektromotoru nebo silou člověka.

Při pohybu dopředu dochází, díky naklonění systému, k pohybu sedadlové struktury také směrem nahoru (integrované výškové nastavení sedadla). Když si tedy lidé menšího vzrůstu posunou sedadlo dopředu, aby lépe dosáhli na pedály, zároveň tím automaticky sedadlo nastaví do vyšší polohy pro lepší výhled z vozu.

Pokud je třeba sedadlovou strukturu posunout ve vertikálním směru výrazněji, pasažér může využít funkci pro to určenou. Stejně tak jako horizontální pohyb může být i vertikální pohyb zajišťován silou člověka nebo silou vyvinutou motorem.

Třetím pohybem, který je možné realizovat v sedadlovém systému je naklánění opěrky dopředu a dozadu. Stejně jako v předchozím případě buď lidskou silou nebo motorem (viz obr. 13.5). Po nastavení do požadovanému náklonu, dojde k pevnému zajištění, které je navrženo takovým způsobem, že ani při nehodě nesmí dojít k jeho povolení a změně polohy opěrky vůči sedáku.



*Obr. 13.5: Motor pro pohon naklápění opěrky [60].*

Nastavení, které již není dostupné v každém sedadlovém systému, je například prodloužení sedáku (viz obr. 13.6). Při této operaci dojde k posunutí části sedáku směrem dopředu nebo dozadu a tím k prodloužení, popřípadě zkrácení sedáku na původní délku. Tato funkce existuje v manuální i elektrické variantě. Prodloužení sedáku existuje také ve verzi, kdy se speciální k tomu určená část sedáku vyklopí, a celkově tím sedák prodlouží.



*Obr. 13.6: Prodloužení sedáku [61].*

### 13.1.2 Komfortní funkce sedadlových struktur

Kromě polohovacích funkcí nabízí vyšší třídy automobilu také například masážní funkce (obr. 13.7), u kterých se využívá převážně dvou provedení. Prvním je masáž pomocí speciálního elektro-mechanického systému a druhým je masáž zajišťována díky kompresorům, které nafukují v různých poslopnostech vzduchové polštáře ukryté v sedáku nebo opěrce, a tím tlačí v různých časových okamžicích na různé části lidského těla.



Obr. 13.7: Masážní a ventilační funkce opěrky [62].

### 13.1.3 Bezpečnost sedadel automobilu

Tak jako se zvyšuje počet airbagů v celém vozidle, začínají se ve větší míře zabudovávat airbasy taky do samotných opěrek sedadel (viz obr.13.8). Kde mají chránit pasažéra automobilu zejména při bočním nárazu.



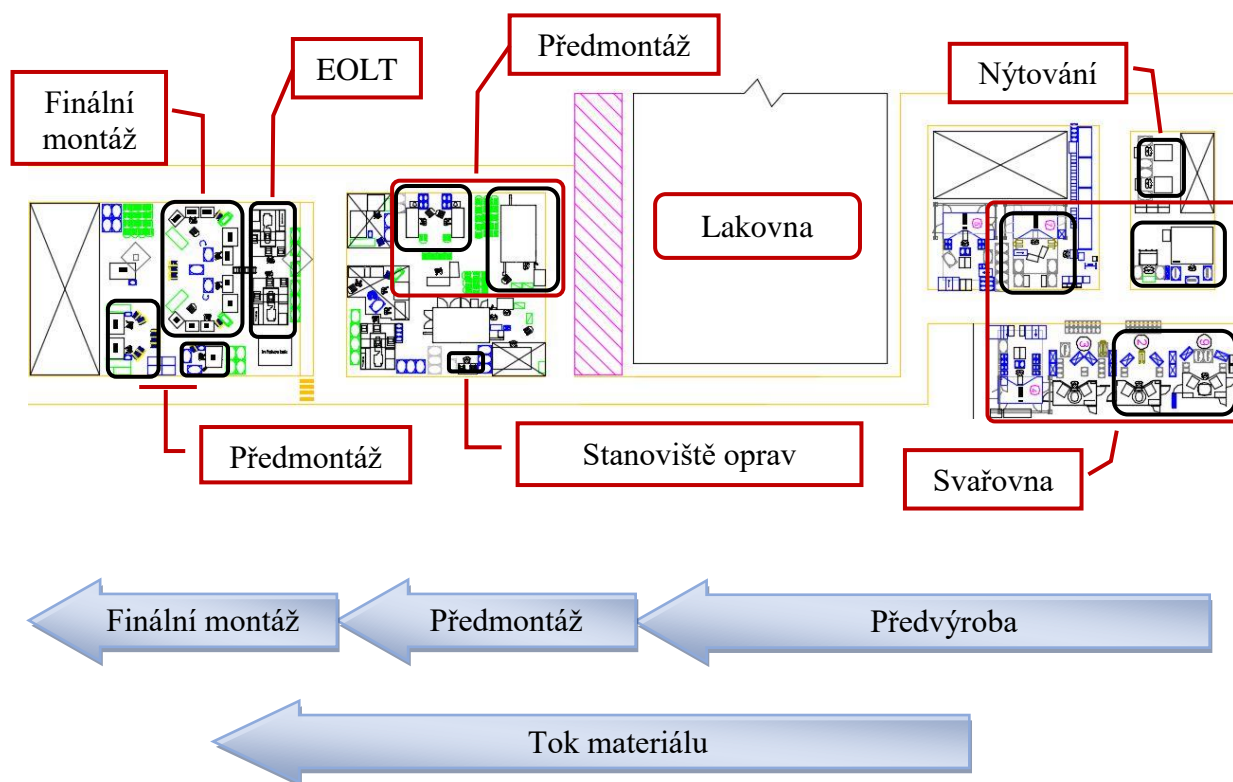
Obr. 13.8: Boční airbag [63].

Z pohledu bezpečnosti je velké množství dílů, ze kterých se sedadlová struktura skládá, hlídáno s větší opatrností. Jedná se zejména o díly, jejichž hlavní funkcí je bezpečnost při nehodě automobilu. Například zajištění opěrky tak, aby zůstala stále pevně spojena se sedákem bez změny jejich vzájemné polohy. Další příkladem může být šroub spojující airbag se sedákem. Ten má za úkol zajistit stálou polohu airbagu vůči pasažérovi zejména v okamžiku exploze výbušné směsi v airbagu a tím jeho rychlé expanzi.

Dalším důležitým prvkem pasivní bezpečnosti je bezpečnostní pás, který zabezpečuje připoutání pasažéra k sedáku. Speciální varianta bezpečnostního pásu je tzv. 5 bodový pás, který se využívá zejména ve sportovních vozech.

## 14 PŮVODNÍ STAV VÝROBNÍ LINKY

### Původní layout předvýroby, předmontáže a finální montáže



Obr. 14.1: Původní půdorys celé výrobní plochy sedadlových struktur ve firmě xy s naznačeným směrem toku materiálu.

Průběh výroby sedadlových struktur ve firmě xy začíná svařováním horních kolejnic v prostoru svařovny, kde se využívá jak MAG svařování, tak i svařování laserem. V souběžné větvi procesu výroby je počáteční operací nýtování spodních kolejnic. Díly poté procházejí přes lakovnu a dále pokračují přes předmontážní pracoviště až k finální montáži.

Procesy lze tedy rozdělit na předvýrobní procesy – zahrnující operace svařování a nýtování, které připravují díly pro předmontážní operace, samotné předmontážní operace a finální montáž. Na úplném konci materiálového toku se nachází testovací zařízení nazývané End-Of-Line Tester neboli EOLT, který testuje, zda výrobek splňuje dovolené rozmezí testovaných parametrů.

Uspořádání stanovišť v oblasti předvýroby je technologické, jsou vedle sebe řazeny svařovací stroje s instalovanými rozdílnými typy svařovacích přípravků dovolující výrobu různých variant výrobků. Stejně tak jsou umístěné v jednom technologickém hnízdě nýtovací stroje.

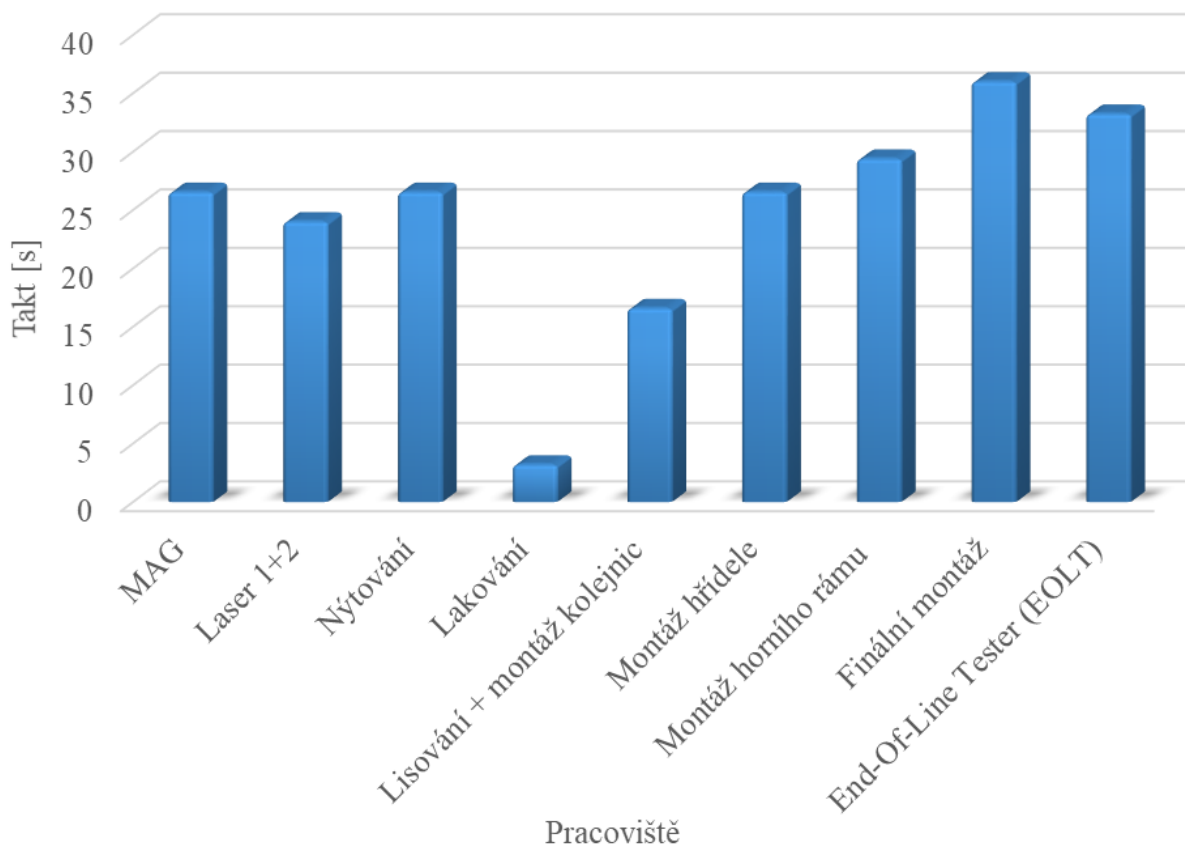
Velká část dílů vstupující do procesu výroby je ve firmě xy nakupována od externích dodavatelů, nebo od jiných divizí společnosti.

Součet časů všech operací v jednotlivých částech výroby je vyobrazen v grafu na obrázku 14.2.

Na některých stanovištích, zejména svařovacích buňkách, je výrobní dávka větší než jedna. Z důvodu jasnějšího zobrazení jsou hodnoty trvání operací přepočítány na množství

jednoho kusu, což dává lepší představu o úzkých místech a nejvhodnějších místech pro optimalizaci linky.

Mezi jednotlivými částmi výroby je přeprava řešena zpravidla pomocí pojízdných stojanů, popřípadě paletami. Tyto skladovací a přepravní prostředky smazávají rozdíl mezi odlišnými výrobními dávkami na jednotlivých stanovištích.



Obr. 14.2: Původní stav vyvážení výrobní linky (v přepočtu na jeden kus produkce).

Z grafu na obrázku 14.2 je patrné, že součet operací trvající nejdelší dobu se nacházejí v oblasti finální montáže. Finální montáž je proto z tohoto pohledu úzkým místem a jedná se tudíž o místo nejvhodnější k další analýze a případné optimalizaci. Druhým nejpomalejším stanovištěm je testovací stanoviště označované zkratkou EOLT.

Tento diplomový projekt se proto bude dále zabývat hlavně finální montáží a stanovišti s EOLT zařízeními.

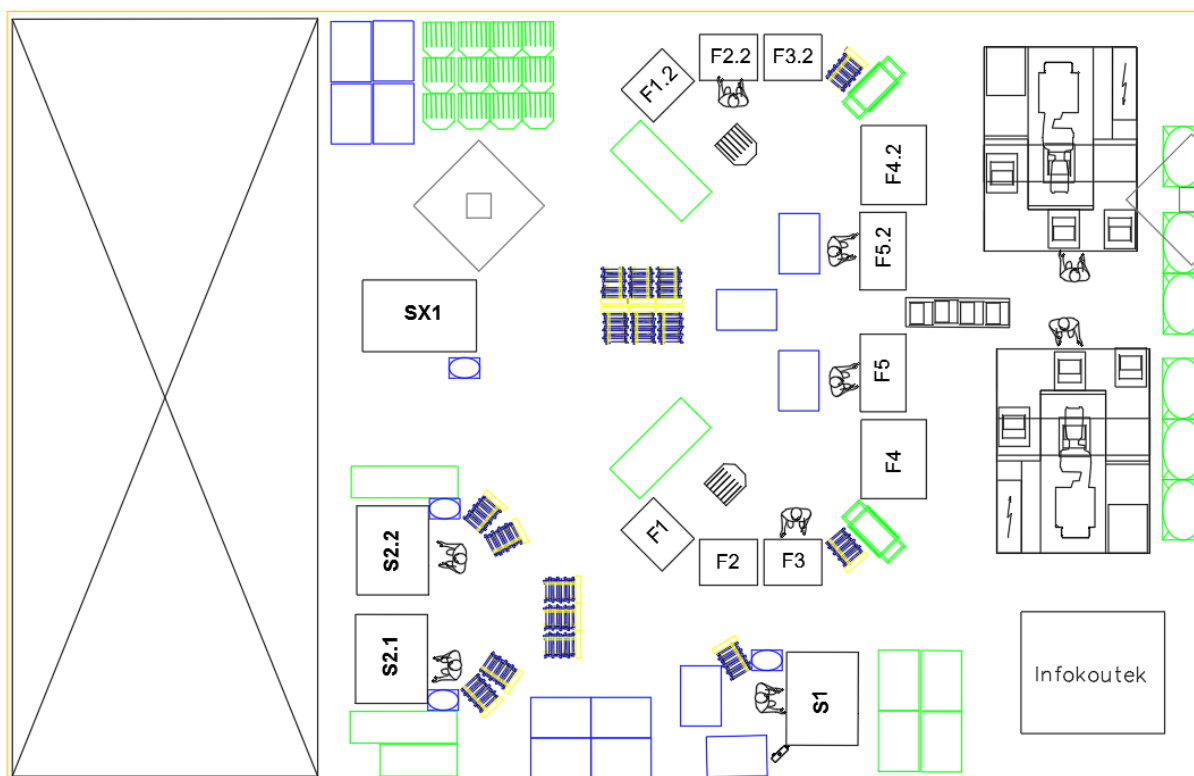
Extra stanovištěm je tzv. stanoviště oprav, kde v případě chyby ve výrobním procesu, například montáži špatného motoru, může být provedena oprava. V grafu na obrázku 14.2 není zobrazena, protože přes ní neprochází každý vyrobený kus. Každá oprava je navíc specifická a trvá jinou dobu, takže není možné určit její takt.

## 14.1 Finální montáž

Finální montáž následuje jako konečná výrobní fáze po předvýrobních a předmontážních činnostech – viz obr.14.1. Je rozdělena na dvě větve, které mohou pracovat nezávisle na sobě – viz obr. 14.3. Každá z větví linky se skládá z pěti stanic označených F1 až F5 a F1.2 až F5.2.

Stanice, které leží proti sobě, například F1 a F1.2, F2 a F2.2 jsou schopné vykonávat stejné činnosti. Hlavním důvodem pro tento typ dvojité linky, kde jsou všechny pracoviště zdvojené, jsou kapacitní důvody. Pouze jedna větev linky by nebyla schopna pokrýt objednávky zákazníka.

### 14.1.1 Původní půdorys finální montáže



Obr. 14.3: Původní půdorys finální montáže.

Modře a zeleně jsou znázorněny místa vyhrazené pro krátkodobé zásoby materiálu. Jedná se buď o palety nebo stojany na tzv. KLT přepravky (obr. 14.4), popřípadě stojany na zavěšování součástí.



Obr. 14.4: KLT přepravka [64].

V levé části půdorysu se nachází proskrtnutý obdélík, který označuje plochu zabranou jiným projektem pro jiného zákazníka. V tomto diplomovém projektu proto s touto plochou nebude pracováno. Kolem všech stran zobrazeného půdorysu jsou uličky sloužící pro pohyb osob a logistický tok.



V pravém dolním rohu je umístěn tzv. info-koutek. Je to plocha, kde se na denní bázi schází určení pracovníci a probírají výrobní plány, řeší výrobní problémy atd. Na stěnách jsou zde vyvěšeny důležité informace, výrobní plány, jejich plnění a další podklady, nutné ke správnému rozhodování vedoucích výroby, směnových mistrů a jiných členů týmu.

### 14.1.2 Tvar linky

Větve finální montáže jsou uspořádány do tvaru písmene U. Tvar linky přináší flexibilitu související s počtem operátorů pracujících na této lince. Pokud by byla linka plně obsazena, tzn. pět lidí na každé z větví, tvar linky by nehrál výraznou roli, spíše vzdálenosti mezi jednotlivými stanicemi. Pokud je ale kalkulováno s tím, že na lince nemusí být pořád přítomných 10 operátorů, potom je právě tento tvar vhodný, zejména proto, že snižuje vzdálenost, kterou jednotliví operátoři mezi stanicemi překonávají.

### 14.1.3 Počet operátorů

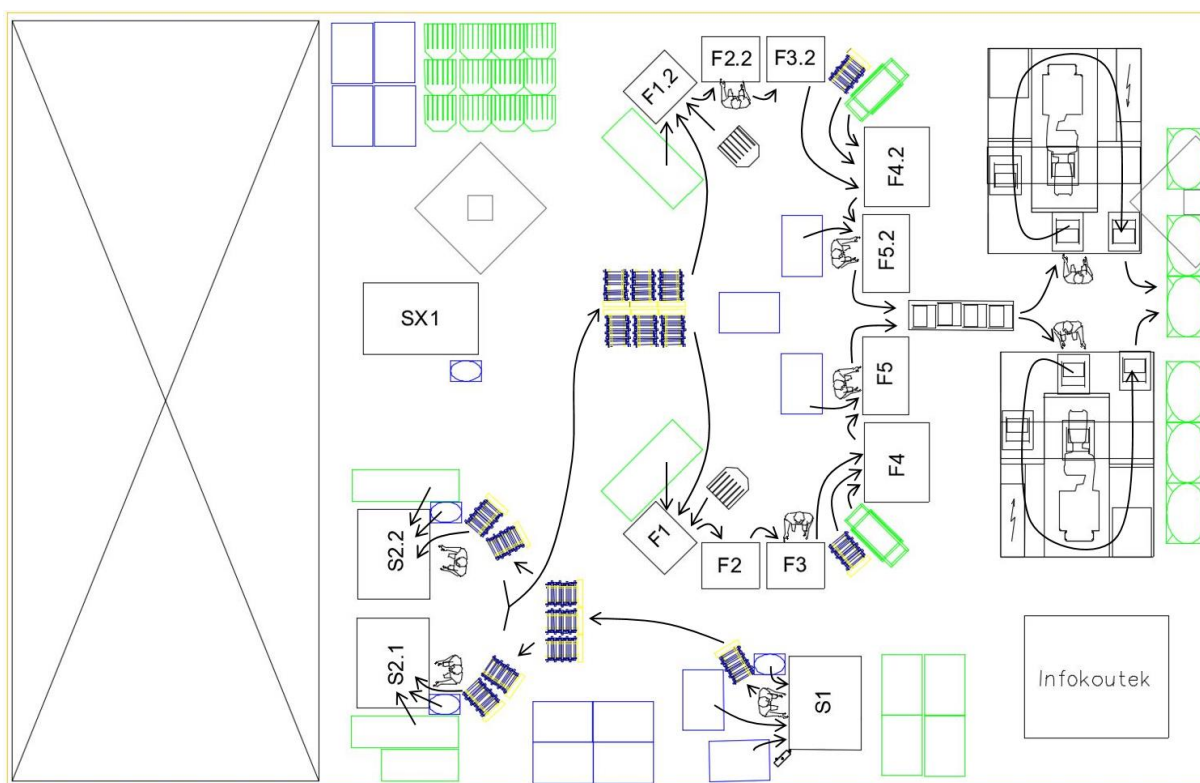
Je možné, aby na jedné větvi finální montáže pracoval pouze jeden operátor a po jednotlivých stanicích putoval spolu s vyráběným kusem. Tato situace ale prakticky nenastává, z důvodů vyšších objednávek zákazníka, než by byl jeden operátor schopen uspokojit.

V době zpracovávání tohoto diplomového projektu lze na lince nejčastěji spatřit pět až šest operátorů. Dva (popřípadě tři) na jedné z větví a tři na druhé. Výhled do blízké budoucnosti naznačuje, že tento počet nebude dostačovat a bude nutné linku vytížit více.

Bude tedy kalkulováno s extrémním případem, kdy u každého pracoviště bude jeden člověk a plně se tak projeví omezení úzkým místem.

### 14.1.4 Špagetový diagram

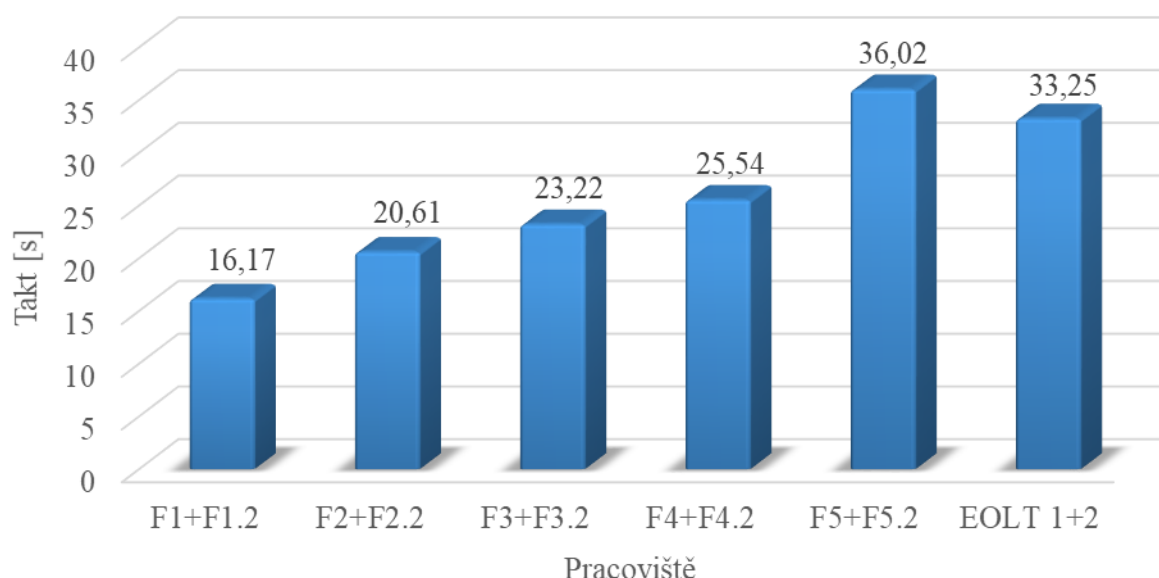
Na obrázku 14.5 je zobrazen špagetový diagram toků materiálu finální montáže.



Obr. 14.5: Grafické zobrazení toku materiálu finální montáže – špagetový diagram.

### 14.1.5 Vyvážení linky

Graf na obrázku 14.6 zobrazuje původní časovou náročnost součtu operací na jednotlivých stanovištích finální montáže a konečného testovacího stanoviště EOLT.



Obr. 14.6: Vyvážení jednotlivých pracovišť finální montáže a EOLT.

### 14.1.6 Jednotlivé pracovní stanoviště

Obě dvě větve linky finální montáže jsou z hlediska strojů a prováděných operací shodné. Z tohoto důvodu bude popisována pouze jedna větev, avšak to stejné platí i pro druhou z nich.

- **První stanoviště**

První stanoviště finální montáže je plně manuální. Spojují se zde kolejnice sedáku spolu se součástí tvaru dutého válce, která má uvnitř hřídel. Ta zajišťuje při posuvném pohybu sedáku dopředu a dozadu stejný posun na levé i pravé kolejnici. Výsledkem montáže je sestava tvaru H. Následuje její přesun na sousední pracoviště.

- **Druhé stanoviště**

Druhé stanoviště je již z části automatizované, stejně jako všechny, které po něm následují.

Operátor na druhé stanoviště umístí sestavu tvaru H a zasune do určených míst 4 plastové klipy. Poté operátor spustí jejich strojové zalisování. Přidá zpevňující plech a přišroubuje jej dvěma šrouby.

- **Třetí stanoviště**

Na třetím stanovišti se nejdříve založí výsledek předchozích operací, čidla jej rozpoznají a poté pevně přichytí, aby byla zajištěna přesná požadovaná poloha.

Dále operátor vezme spodní část sedáku (sestavu tvaru H) a umístí na ni horní rám sedáku, která již byla připravena na stanovišti S2.1 nebo S2.2. Tyto dvě části se sešroubují dohromady čtyřmi šrouby.

Na konci je potřeba stisknout najednou dvě tlačítka, aby strojové zajištění polohy povolilo a bylo možné kusy odebrat. Operátor přesune strukturu sedáku na další stanoviště.

### • Čtvrté stanoviště

První operací prováděnou na čtvrtém stanovišti je mazání pohonu. Pohon se skládá ze samotného motoru a plastového krytu, ve které je umístěna převodovka, ze které vystupuje krátká hřídel. Celá tato sestava se položí na speciální přípravek a část hřídele, vystupující z převodovky, se zasune do otvoru v přípravku. Jakmile je hřídel v přípravku namazána, operátor sestavu odebere a umístí na určenou pozici ve struktuře sedáku. Motor se přišroubuje třemi šrouby do své pozice.

Další operací je nadvaknutí plastové objímky na pružinu. Pružina se poté založí do přípravku, kde se namaže. Dále je vkládána do struktury sedáku na předem určené místo a spuštěním automatického chodu stroje je napružena a následně zajištěna.

Následně operátor přemístí sedák na další stanoviště.

### • Páté stanoviště

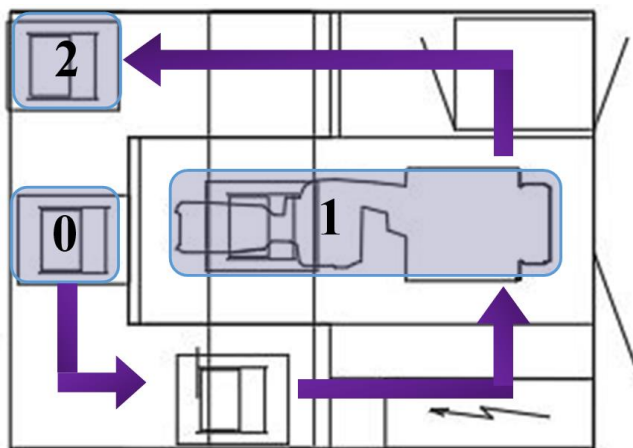
Na posledním montážním pracovišti se nadvaknou dva plastové klipsy na určené místo.

Následující operací je položení sedací vany na mazací přípravek, její odebrání a umístění na strukturu sedáku. Další operací je přišroubování sedací vany čtyřmi šrouby k plastovým klipsům a dalšími dvěma šrouby k samotné struktuře sedáku.

## 14.2 End-Of-Line Tester

Za posledním stanovištěm finální montáže se nachází tzv. End-Of-Line Tester neboli EOLT. Jedná se o testovací zařízení, které za pomoci robota testuje všechny možné pohyby, které daný sedák umožňuje, a kontroluje, zda při nich nevydává nechtěné zvuky. Pokud sedák vyhoví požadavkům, je možné jej zabalit a odeslat k zákazníkovi. Schéma EOLT zařízení je zobrazeno na obr. 14.7.

Firma xy má zájem na tom, aby dodávala zákazníkům jen prvotřídní výrobky, které splňují nejen všechny bezpečnostní a funkční požadavky, ale také komfortní požadavky – například akustické. Pro zajištění bezpečnosti výroby jsou na jednotlivých stanovištích instalovány senzory, které kontrolují přítomnost šroubů, zda byly zašroubovány správným momentem atd. Každé z pohyblivých spojení je třeba namazat, aby nedocházelo k nechtěným zvukům při změně nastavení polohy sedáku. Z akustického hlediska dalším rizikovým faktorem mohou být instalované motory. Rizika popsane v tomto odstavci je nutné minimalizovat. K tomu slouží EOLT, který veškerý výstup z linky otestuje a k zákazníkovi poté putují jen bezchybné kusy.



Obr. 14.7: EOLT – schéma.



Operátor sedák nejdříve položí na místo označené číslicí 0. Poté připevní na sedák poslední prvek, který je potřeba nainstalovat do sedáku, a to je pružný element. Operátor jej do sedáku zacvakne a zapojí potřebné konektory. Potom stiskne tlačítko a pomocí posuvného mechanismu je sedák přemístěn do zóny 1, kde jsou na něm pomocí robota vykonány všechny potřebné testy. Nakonec sedák přijíždí na odebírací místo označené číslem 2 a na monitoru se zobrazuje informace o naměřených hodnotách, zda odpovídají požadavkům zákazníka. Pokud hodnoty odpovídají, tiskárna vytiskne štítek, který operátor nalepí na sedák a uloží jej do boxu určeného k přepravě sedáku k zákazníkovi.

### **14.3 Opěrka sedadlové struktury**

Výroba opěrek sedadel je nezávislá na výrobě sedáků. Probíhá v jiné části výrobní haly.

Zákazníkovi se opěrky posílají odděleně od sedáků s příslušnými šrouby, kterými poté zákazník provádí jejich konečné spojení.

Výroba opěrek je v porovnání se sedákem mnohem méně komplexní. Skládá se pouze z jedné svařovací buňky, finální montáže – tvořené dvěma stanovišti a dvou konečných testovacích EOLT stanovišť.

Ve firmě xy je výroba opěrek ve srovnání s výrobou sedáků rychlejší. Dostupné kapacity pro výrobu opěrek jsou i pro budoucí výhledy dostačující.

## 15 NAVRHOVANÉ ZMĚNY

Východiskem pro navrhované změny je zejména analýza součtu časů operací na jednotlivých pracovištích. Ta přináší informaci, které pracoviště je nejpomalejší, a tudíž brzdí ostatní. Toto místo je tím nejvhodnějším k optimalizaci. Předpokládá se maximální vytížení linky, tzn. u každého stanoviště jeden operátor.

Další neméně důležitá oblast optimalizačních návrhů směřuje ke zlepšení ergonomie práce operátorů na jednotlivých pracovištích linky, rozmístění pracovišť atd.

### 15.1 Výměna pásového dopravníku

Pásový dopravník je důležitou logistickou cestou mezi finální montáží a testovacími stanovišti EOLT (viz obr. 15.1).

#### 15.1.1 Původní stav

Pásový dopravník na konci linky plní dvě funkce, první je přepravní z místa posledního stanoviště finální montáže k testovacím pracovištím EOLT. Druhá funkce je krátkodobá odkládací plocha pro finální výrobky v případě problémů na straně EOLT zařízení. Může se stát, že vznikne potřeba jeden sedák zkontrolovat dvakrát, čímž se naruší plynulý takt a pásový dopravník má poté po jistou dobu schopnost toto kompenzovat.

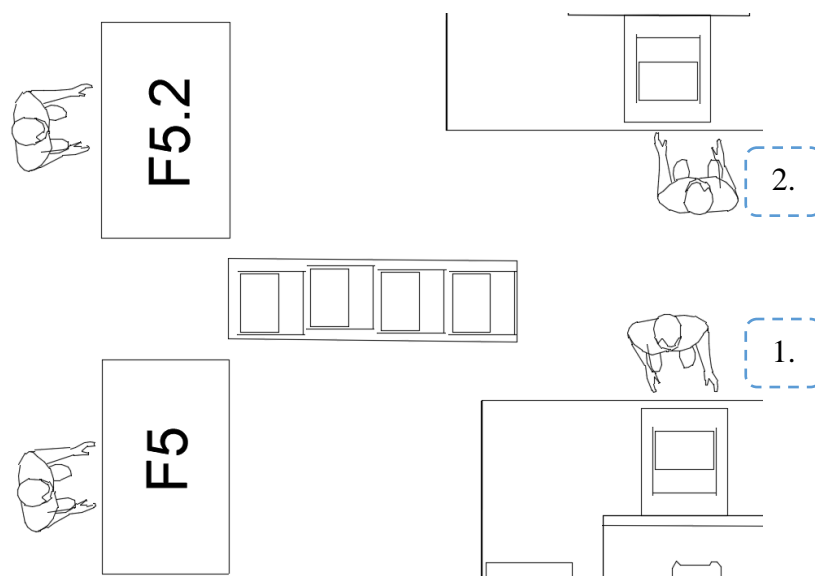
V případě, kdy jsou dva sedáky vyrobeny přibližně ve stejnou dobu (z levé i pravé větve linky), je nucen operátor, který pokládá sedák na pásový dopravník jako první, potlačit silou sedák dopředu. Tím uvolní místo a dovolí druhému operátorovi položit na pásový dopravník i druhý sedák. To způsobuje zbytečné čekání druhého operátora a zároveň tlačení sedákové konstrukce po páse způsobuje jeho poškození a nutnost jeho častější výměny. V případě, že by tak první operátor neučinil, musel by druhý operátor několik vteřin držet sedák a vyčkat, než pás popojede natolik, aby bylo možné na něj položit další sedák.

Díky současnému provedení, kdy dochází při pokládání na pásový dopravník k míchání produkce z levé a pravé větve linky, se vyrábí vždy stejný typ sedáku na obou větvích a obě testovací pracoviště jsou nastavené na stejný typ sedáku.



Obr. 15.1: Původní pásový dopravník.

Vzdálenost, kterou musí operátor pracující u stroje F5 nebo F5.2 překonat, než položí hotový sedák na pásový dopravník, je přibližně 3 metry (viz obr. 15.2). Váha sedáku odebíraného z dříve jmenovaných stanovišť je v průměru 10,5 kg. Dle MTM tabulek je délka kroku při přenášení této hmotnosti 0,75 m. Při této délce kroku musí operátor se sedákem udělat čtyři kroky od linky k pásovému dopravníku, položit sedák na pás a poté se již bez břemene vracet čtyřmi kroky zpět k pracovní stanici.



Obr. 15.2: Původní pásový dopravník – půdorys.

Pro objektivní porovnání stávajícího stavu a stavů navrhovaného je vhodné udělat zjednodušenou MTM–SD analýzu, která poslouží jako podklad k rozhodování a výběru nejvhodnější varianty. V následujících MTM analýzách nejsou popsány všechny operace, které operátor vykonává. Jsou kalkulovány pouze ty, které se s navrhovaným řešením budou měnit a tím bude možné získat představu o výhodnosti implementace navrhovaného řešení vůči stavu aktuálnímu. V tabulkách jsou pouze hodnoty odpovídající chůzi a otáčení člověka. Nekalkuluje se s časy operací jako například položit, odebrat, hmotnostní přírážka a podobné, protože tyto činnosti se s navrhovaným řešením nemění.

Tab. 15.1: MTM analýza chůze pro operátory stanovišť F5 a F5.2 – původní stav.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Uchopit					
2	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
3	2 kroky směrem k pásov. d.	KVS	2	17	34	1,224
4	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
5	2 kroky směrem k pásov. d.	KVS	2	17	34	1,224
6	Umístit					
7	Otočit (o 180 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
8	2 kroky směrem od pásov. d.	KVS	2	17	34	1,224
9	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
10	2 kroky směrem k lince	KVS	2	17	34	1,224
11	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
Σ						<b>9,180</b>

Dalším plýtváním je nutnost operátorů, starajících se o testovací zařízení EOLT, docházet pro připravené sedáky až k pásovému dopravníku, který k nim nedosahuje dostatečně blízko (viz obr. 15.2).

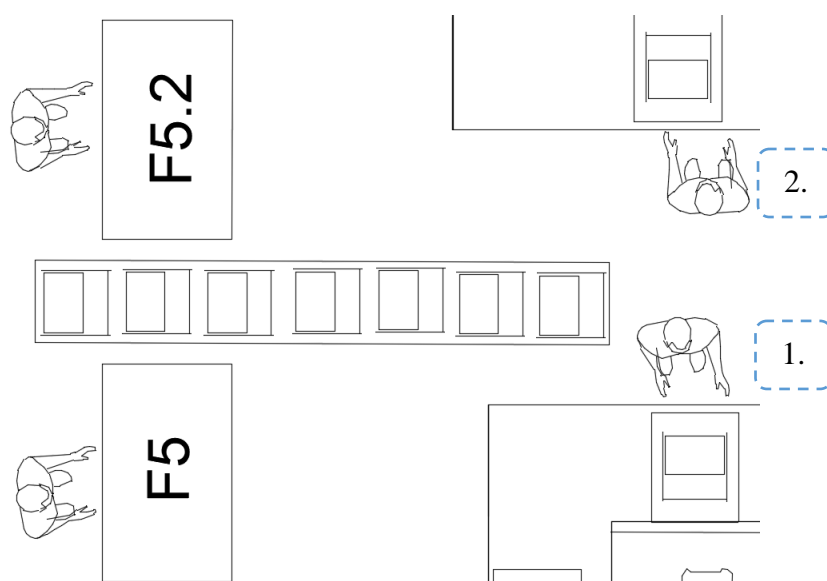
Tab. 15.2: MTM analýza chůze pro 1. EOLT operátora – původní stav.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
2	2 kroky k pásov. d.	KVS	2	17	34	1,224
3	Uchopit					
4	Otočit (o 180 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
5	2 kroky od pásov. d.	KVS	2	17	34	1,224
6	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
7	Umístit					
$\Sigma$						<b>5,508</b>

Tab. 15.3: MTM analýza chůze pro 2. EOLT operátora – původní stav.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Otočit (o 135 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
2	3 kroky k pásu	KVS	3	17	51	1,836
3	Otočit (o 45 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
4	Uchopit					
5	Otočit (o 135 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
6	3 kroky od pásu	KVS	3	17	51	1,836
7	Otočit (o 45 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
8	Umístit					
$\Sigma$						<b>8,568</b>

### 15.1.2 Navrhovaný stav č.1



Obr. 15.3: Delší pásový dopravník – půdorys.

Výměna pásového dopravníku za delší zrychlí poslední pracoviště finální montáže, protože operátoři tohoto pracoviště mají za úkol dokončený sedák položit na pás dopravníku. Zároveň se sníží vzdálenost, kterou musí ujít pracovníci testovacího stanoviště od stroje k pásovému dopravníku a zpět (viz obr. 15.3).

Tab. 15.4: MTM analýza chůze pro operátory stanovišť F5 a F5.2 dle navrhovaného stavu č. 1.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Uchopit					
2	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
3	1 kroky směrem k pásov. d.	KVS	1	17	17	0,612
4	Umístit					
5	Otočit (o 180 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
6	1 kroky směrem od pásov. d.	KVS	1	17	17	0,612
7	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
<b>Σ</b>						<b>4,284</b>

Tab. 15.5: MTM analýza chůze pro 1. EOLT operátora navrhovaného stavu č. 1.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
2	Uchopit					
3	Otočit (o 90 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
4	Umístit					
<b>Σ</b>						<b>1,224</b>

Tab. 15.6: MTM analýza chůze pro 2. EOLT operátora navrhovaného stavu č. 1.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Otočit (o 160 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
2	2 kroky směrem k pásu	KVS	2	17	34	1,224
	Otočit (o 70 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
3	Uchopit					
4	Otočit (o 110 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
5	2 kroky směrem od pásu	KVS	2	17	34	1,224
6	Otočit (o 20 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
7	Umístit					
<b>Σ</b>						<b>7,344</b>

Tab. 15.7: Porovnání původního stavu s navrhovaným stavem č. 1.

Pracovník	původní stav [s]	navrhovaný stav 1 [s]	rozdíl [s]
Operátor F5 a F5.2	9,180	4,284	<b>4,896</b>
1. EOLT operátor	5,508	1,224	<b>4,284</b>
2. EOLT operátor	8,568	7,344	<b>1,224</b>

V případě navrhované delší verze pásového dopravníku dojde k odstranění části vzdálenosti, kterou oba operátoři obou křídel linky musí nosit těžké břemeno a následně jej pokládat na pás.

Dle informací získaných ze zjednodušených MTM-SD analýz a výpočtů bylo zjištěno, že rozdíl, který je získán při využití návrhu č.1 je snížení počtu kroků z 8 na 2, tedy ušetření 6 kroků u každého z operátorů pracujících na stanovištích F5 a F5.2. V časovém vyjádření je to úspora 4,896 s u každého z operátorů posledního stanoviště finální montáže. Eliminací kroků u 1. EOLT operátora se uspoří 4,284 s a u 2. EOLT operátora se uspoří 1,224 s (viz tab.15.7).

Implementování tohoto návrhu dojde ke zvýšení rychlosti pracovišť F5 a F5.2 o 4,896 s při výrobě každého sedáku. Protože se jedná o stanoviště nejpomalejší v rámci finální montáže, je toto zrychlení velmi žádoucí.

Součet časů všech operací na posledním stanovišti finální montáže, kde se řadí i přesun a položení sedáku na pás, klesnul z 72,036 s na 67,140 s.

Navrhovaný pásový dopravník je delší i na straně pracovníků testovacího zařízení EOLT, kde se ušetří část kroků operátorů – konkrétně 4 kroky u prvního a 2 kroky u druhého EOLT operátora.

Finální produkt pokládáný na pás dosahuje v průměru váhy 10,5 kg. Tudíž dalším nezanedbatelným pozitivním efektem pro samotné operátory je snížení času, během kterého musí manipulovat s tímto těžkým břemenem. Z ergonomického hlediska se sníží fyzická zátěž operátorů.

Je vhodné zvážit nákup pásu z odolného materiálu, protože u nynější varianty dochází poměrně rychle k jeho opotřebení pokládáním železných konstrukcí sedáků na dopravníkový pás a posouvání s nimi po páse.

Firma xy má s dodavatelem uzavřené smlouvy, znemožňující sdělovat třetím osobám detaily vyjednaných smluv. Ceny, které jsou uváděny byly zjištěny na základě jednání s dodavatelem a mohou být proto odlišné od cen, které má firma xy smluvně s dodavatelem vyjednané. Proto je potřeba brát následující propočty jako přibližné.

Dodavatel nabízí řešení pásových dopravníků na míru. Z jeho nabídky byla vybrána varianta s odolným PU pásem, který by dle informací dodavatele měl nabízet požadovanou odolnost. Rozměry dopravníku jsou 4300 x 500 mm.

### Nabídka dodavatele

Tab. 15.8: Investice do dopravníku - var. č.1.

Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
Dopravník 4300x500 mm	60 000
Podstava dopravníku	18 000
Elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	19 100
Doprava	3 000
<b>Σ</b>	<b>100 100</b>

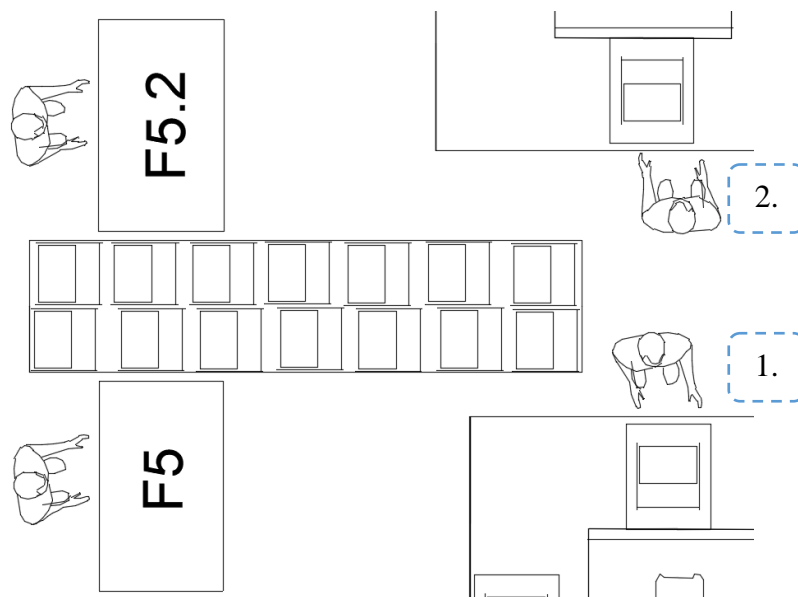
Celková cena pro navrhovanou variantu číslo jedna je tedy 100 100 Kč bez DPH.



### 15.1.3 Navrhovaný stav č.2

Výměna starého pásového dopravníku za delší a zároveň širší variantu (viz obr. 15.4), nebo dva delší pásové dopravníky vedle sebe. Ať už širší pásový dopravník, nebo dva dopravníky vedle sebe, nabízejí více prostoru k pokrytí výchylek mezi rozdílným taktem posledního pracoviště montáže a testovacím zařízením. Kromě toho odpadá silové tlačení sedáku po pásu, protože je zde dostatek místo pro dva sedáky vedle sebe v jeden okamžik.

U širšího dopravníku, popřípadě dvou užších je třeba počítat s nutností posunout pravé křídlo finální montáže tak, aby bylo možné mezi stanoviště F5 a F5.2 pásový dopravník/ky umístit. To platí u této navrhované varianty a všech dalších, kde je jich využito. Náklady na přesun jsou odhadnuty na 15 000 Kč.



Obr. 15.4: Dvojitý delší pásový dopravník – půdorys.

Důležitá je možnost pomocí širšího nebo dvojitého pásového dopravníku, oddělit tok pravého a levého křídla linky, kdy produkce z pravé části půjde přes pravou část pásového dopravníku na kontrolu pouze do pravého EOLTu a produkce z levého křídla linky, po levé části pásového dopravníku, do levého EOLTu.

Jeden širší pásový dopravník má podmínku synchronní výroby v obou větvích, protože pás se bude pohybovat podle posledního vyrobeného kusu. Toto řešení proto nedosahuje výhod dvou oddělených dopravníků, viz další odstavec.

Oddělení toku jednotlivých větví finální montáže dovolí vyrábět na každé z větví rozdílné typy sedáku a tím pružněji reagovat na potřeby zákazníka. Bude možné například na levé větvi vyrábět sedáky pro levé sedadlo a na pravé naopak pro pravé sedadlo. Další výhodou je snížení přestavovacích časů linky z jedné varianty sedáků na jinou. V situaci, kdy dojde k poruše jednoho z pásových dopravníků, druhý funkční je stále k dispozici.

Výhodou jednoho širšího pásového dopravníku je mírně menší zástavbová šířka oproti dvěma instalovanými vedle sebe a taky cena.

Stejně jako u předchozí navrhované varianty, by se ušetřilo 6 kroků u každého z operátorů posledního stanoviště finální montáže, protože by se snížila vzdálenost, kterou musí operátor, nesoucí sedák, překonat. Pro pracovníky stanic F5 a F5.2 platí, stejně jako u 1. návrhu, úspora 4,896 s pro každého z dvojice operátorů (viz tab. 15.9).

Tab. 15.9: MTM analýza -2. EOLT oper. - navrh. stav č.2.

Č.	Popis	Kód úkonu	Faktor	TMU úkonu	Suma TMU	Čas pohybu [s]
1	Otočit (o 135 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
2	1 kroky směrem k pásov. d.	KVS	1	17	17	0,612
3	Uchopit					
4	Otočit (o 180 stupňů)	KVS	3	17	51	1,836
5	1 kroky směrem od pásov. d.	KVS	1	17	17	0,612
6	Otočit (o 45 stupňů)	KVS	1	17	17	0,612
7	Umístit					
$\Sigma$						<b>5,508</b>

Blíže by byli i pracovníci u kontrolních zařízení EOLT. Přiblížení pásového dopravníku k 1. EOLT pracovníkovi je stejné jako u navrhované varianty č.1. Tzn. úspora 4,284 s. U 2. EOLT pracovníka by byla úspora času ještě vyšší než u návrhu č. 1 a to zejména díky ušetření o 2 kroky více než v předchozí navrhované variantě. V časovém vyjádření úspora 3,060 s (viz tab. 15.10) oproti původnímu stavu.

Tab. 15.10: Srovnání původního s návrh. stavem č.2.

Pracovník	původní stav [s]	navrhovaný stav 2 [s]	rozdíl [s]
Operátor F5 a F5.2	9,180	4,284	<b>4,896</b>
1. EOLT operátor	5,508	1,224	<b>4,284</b>
2. EOLT operátor	8,568	5,508	<b>3,060</b>

### Nabídka dodavatele

- Nabídka pro variantu jednoho širšího pásového dopravníku, viz tab. 15.11.

Tab. 15.11: Investice do pásového dopravníku - var. č.2.1.

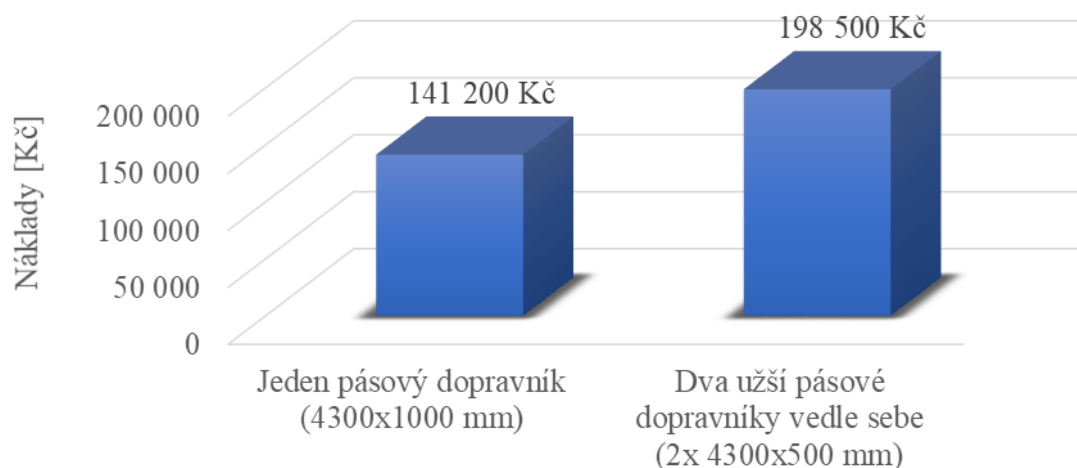
Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
Dopravník 4300x1000 mm	100 000
Podstava dopravníku	18 000
Elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	19 100
Doprava	4 100
$\Sigma$	<b>141 200</b>

- Nabídka pro variantu dvou užších dopravníků vedle sebe, viz tab. 15.12.

Tab. 15.12: Investice do pásového dopravníku - var. č.2.2.

Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
2 x dopravník 4300x500 mm	120 000
2 x podstava dopravníku	36 000
2 x elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	38 200
Doprava	4 300
$\Sigma$	<b>198 500</b>





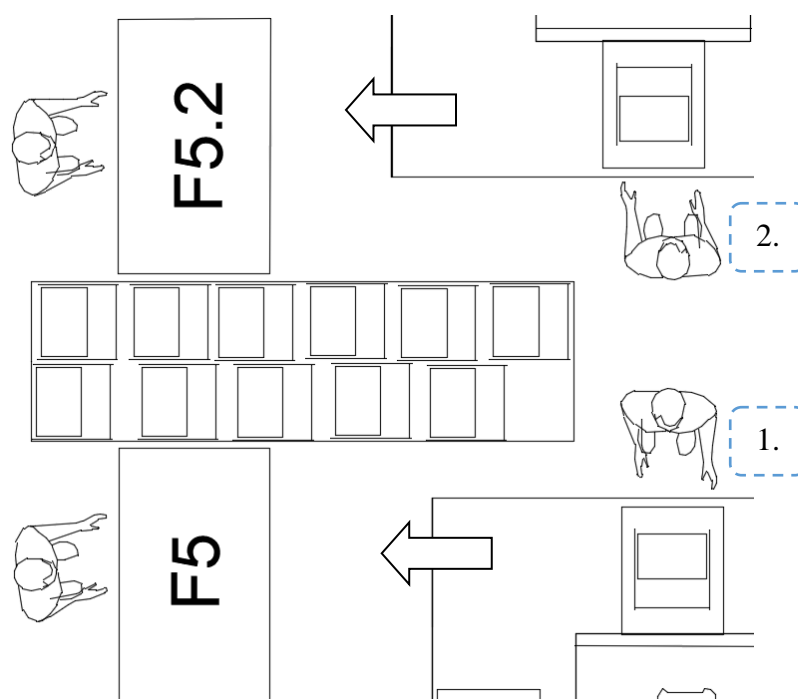
Obr. 15.5: Srovnání ceny širšího a dvou užších pásových dopravníků.

Dle cenového srovnání vychází ekonomicky lépe varianta číslo jedna, kdy je použit jeden širší pásový dopravník.

#### 15.1.4 Navrhovaný stav č.3

Využití kombinace prodlouženého pásového dopravníku blíže k operátorům pracovišť F5 a F5.2 společně s přiblížením testovacích stanovišť EOLT blíže k finální montáži.

Možné aplikovat s jedním užším nebo širším pásovým dopravníkem (viz obr. 15.6), nebo dvěma nezávislými pásovými dopravníky vedle sebe.



Obr. 15.6: Delší dvojitý pásový dopravník a EOLT blíže k finální montáži – půdorys.

Z finančního hlediska je hlavním rozdílem této navrhované varianty oproti předchozím finanční náklad spojený s přesunem testovacích pracovišť blíže k finální montáži.

Nevýhodou je složitá manipulace s testovacími stanovišti EOLT. Vzhledem k tomu, že se ve výhledu několika budoucích měsíců plánuje celozávodní dovolená, jednalo by se o ideální dobu k provedení navrhovaných změn. Výhodou je vznik kompaktnějšího celku, kde by si byla finální montáž a EOLT stanoviště blíže.

U třetí navrhované varianty se uspořené časy v podstatě rovnají předchozím návrhům. U 2. EOLT operátora závisí na použité šířce pásového dopravníku. Číslo se znakem \*, označuje situaci s širším nebo dvěma užšími pásovými dopravníky.

Tab. 15.13: Srovnání původního s návrh. stavem č.3.

Pracovník	původní stav [s]	navrhovaný stav 3 [s]	rozdíl [s]
Operátor F5 a F5.2	9,18	4,284	<b>4,896</b>
1. EOLT operátor	5,508	1,224	<b>4,284</b>
2. EOLT operátor	8,568	7,344/5,508*	<b>1,224/3,060*</b>

### Nabídka dodavatele

Tab. 15.14: Úzký pásový dopravník.

Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
Dopravník 3400x500 mm	54 000
Podstava dopravníku	18 000
Elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	19 100
Doprava	2 100
Přesun EOLT zařízení	20 000
<b>Σ</b>	<b>113 200</b>

Tab. 15.15: Široký pásový dopravník.

Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
Dopravník 3400x1000mm	90 000
Podstava dopravníku	18 000
Elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	19 100
Doprava	3 100
Přesun EOLT zařízení	20 000
<b>Σ</b>	<b>150 200</b>

Tab. 15.16: Dva úzké pásové dopravníky vedle sebe.

Zařízení	Cena bez DPH [Kč]
2 x dopravník 3400x500mm	108 000
2 x podstava dopravníku	36 000
2 x elektrické zapojení s frekvenčním měničem 3x230V/50 Hz	38 200
Doprava	3 300
Přesun EOLT zařízení	20 000
<b>Σ</b>	<b>205 500</b>

### 15.1.5 Porovnání původního stavu a navrhovaných variant 1 až 3

Tab. 15.17: Srovnání původního stavu s návrh. stavy 1 až 3.

Pracovník	pův stav [s]	navrh. stav 1 [s]	navrh. stav 2 [s]	navrh. stav 3 [s]	rozdíl 1 [s]	rozdíl 2 [s]	rozdíl 3 [s]
Operátor F5 a F5.2	9,180	4,284	4,284	4,284	<u>4,896</u>	<u>4,896</u>	<u>4,896</u>
1. EOLT operátor	5,508	1,224	1,224	1,224	<u>4,284</u>	<u>4,284</u>	<u>4,284</u>
2. EOLT operátor	8,568	7,344	5,508	7,344/5,508*	1,224	<u>3,060</u>	1,224/ <u>3,060</u> *

Kde  $\Delta 1$  až  $\Delta 3$  označují rozdíl času původního stavu a navrhovaného stavu 1 až 3.

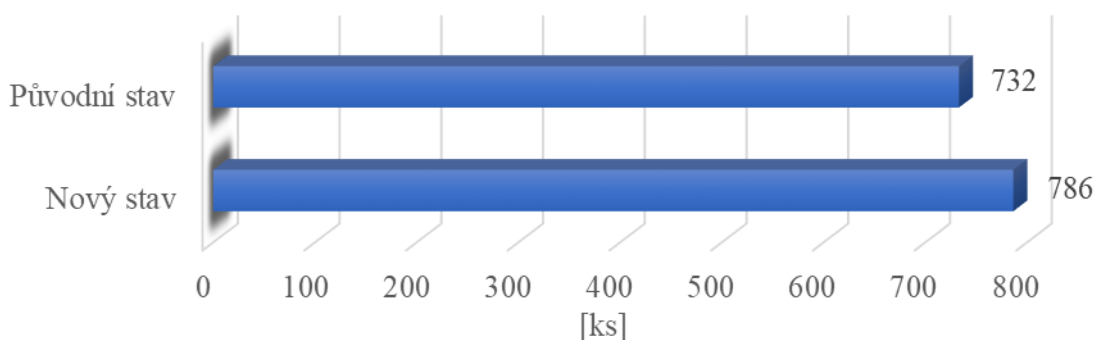
Při pohledu na finální srovnávací tabulku (tab. 15.17) je zřejmé, že největší časové úspory je dosaženo s využitím varianty číslo 2 a variantou číslo 3 za podmínky využití dvojitého dopravníku. Čísla zvýrazněné podtržením odpovídají nejvýhodnější variantě (z pohledu uspořené času).

Za předpokladu výpočtu délky směny 8 hodin, kde 0,5 hodiny je povinná přestávka na oběd a 10 minut na úklid, zbývá pro samotnou práci časový fond 7,333 hodiny. S taktem 67,140 s na jednu sedačku je jedna větev linky schopna vyrobit 393 *sedáků* za směnu. Za současného stavu (takt 72,036 s) je jedna větev schopná vyprodukovat maximálně 366 *kusů* sedáků za směnu, což je oproti navrhovanému stavu rozdíl produkce o 27 *kusů* za směnu pro jedno křídlo linky.

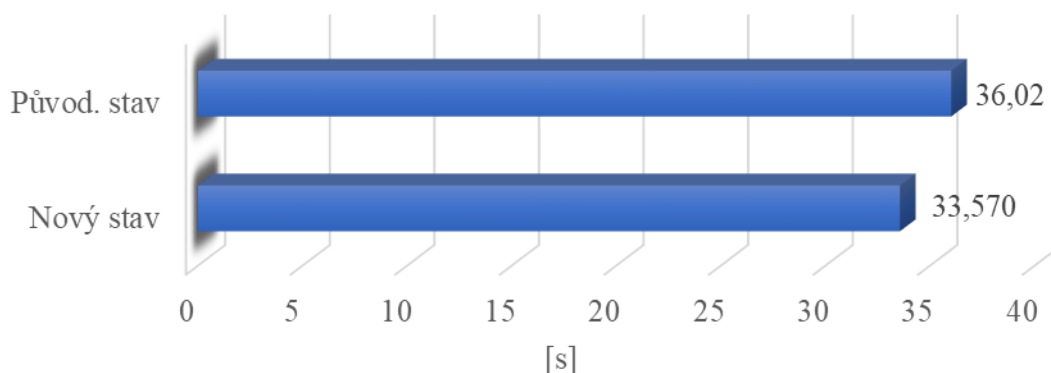
Takt EOLT pracovišť je nižší než takt linky finální montáže, ale díky nutnosti kontrolovat část sedáků vícekrát, stává se dočasným úzkým místem. Protože EOLT je velmi drahé zařízení, jeho nedostatečná kapacita se již ve firmě xy řeší. Plánuje se koupě dalšího EOLT kontrolního zařízení. Nový EOLT bude umístěn mimo zónu, kde se nachází finální montáž sedáku, který je předmětem optimalizace v tomto diplomovém projektu. Avšak v těsné blízkosti této zóny, a protože by jeho kapacita nebyla plně využita, bude jí sdílet s další linkou.

Do doby, než dojde k pořízení nového EOLT zařízení, je v plánu dočasné využívání blízkého EOLTu spadající pod jiný projekt a je technicky možné na něm testovat daný typ sedáku.

Graf na následujícím obr. 15.7 zobrazuje srovnání původního a navrhovaného (nového) stavu z hlediska množství vyrobených sedáků za směnu. Na obrázku 15.8 je vyobrazeno srovnání taktu linky pro původní a navrhovaný stav.



Obr. 15.7: Porovnání počtu sedáků vyrobených finální montáží za směnu, původní vs. navrhovaný stav.

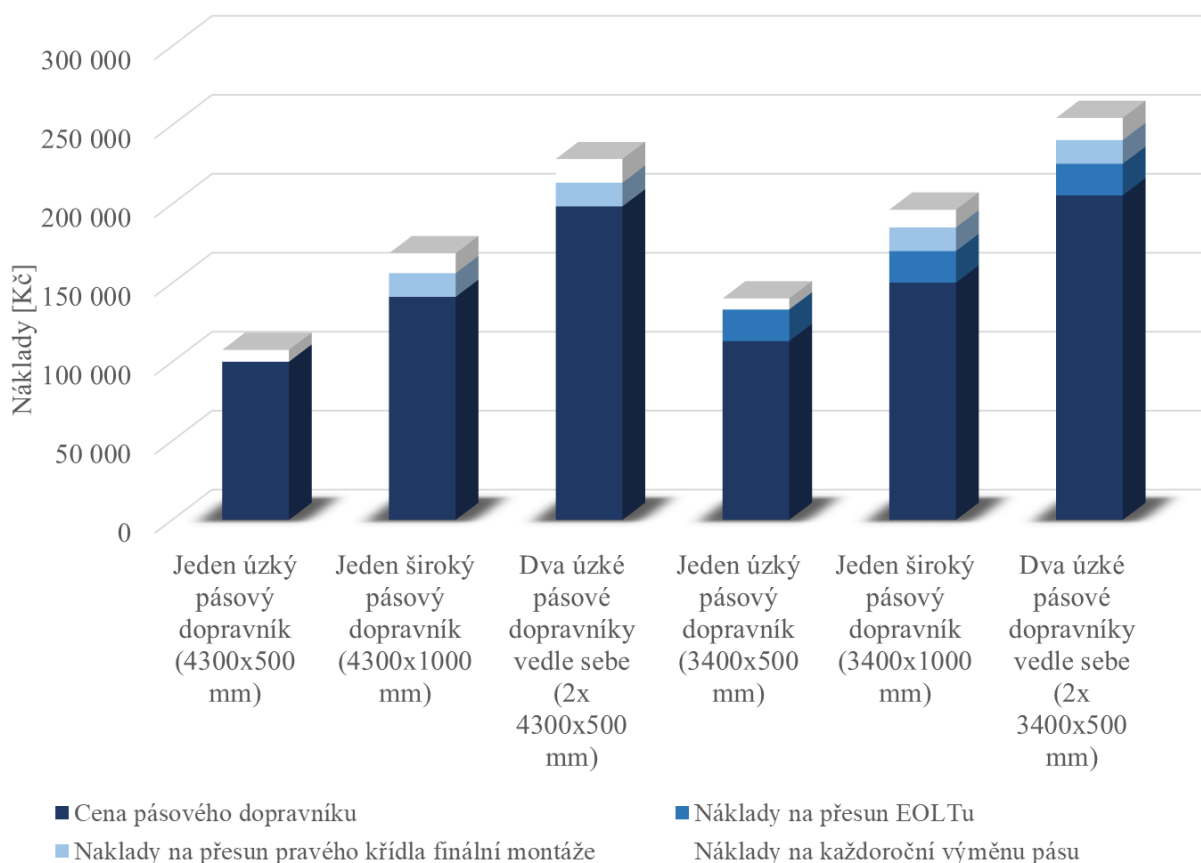


Obr. 15.8: Srovnání taktu stanovišť F5+F5.2, původní vs. navrhovaný stav.

### 15.1.6 Cenová kalkulace

Dopravníkový pás byl poptán u čtyř firem a do finálních kalkulací je použita nabídka dodavatele s nejnižší cenou a shodou okolností i s nejmenší vzdáleností od firmy xy. Stejně tak byla poptána doprava u čtyřech přepravních společností, dle reálných rozměrů a hmotnosti pásových dopravníků.

Pro výpočet návratnosti investice je kalkulováno s náklady 25 euro na hodinu práce na posledním stanovišti finální montáže. Do této sumy jsou započítané mzdové náklady operátora, energie, odpisy pořizovací ceny pracoviště atd. Jedná se o odhad pracovníka firmy xy. Pro přepočet na české koruny je použitý kurz 27 Kč za 1 euro. Náklady na přesun testovacích pracovišť EOLT byly odhadnuty na 20 000 Kč a náklady na přesun stanovišť finální montáže na 15 000 Kč (viz obr. 15.9). Ceny jsou uváděny bez DPH.



Obr. 15.9: Porovnání nabídek dodavatele pro všechny navrhované varianty pásových dopravníků.

### 15.1.7 Volba optimální varianty

Kritéria výběru optimální varianty:

- Rozdělení materiálového toku jednotlivých větví finální montáže až k jednotlivým testovacím zařízením EOLT
- Finanční náročnost investice/ návratnost
- Minimalizace rizik budoucích problémů s pásovým dopravníkem

Z hlediska budoucí flexibility výrobní linky jsou preferovány varianty pásového dopravníku, které dovolují pokládání sedáků ve dvou řadách vedle sebe. Tím umožní rozdělení materiálového toku finální montáže na pravou a levou část, které se vzájemně nebudou ovlivňovat. Tento model nabízí varianta číslo 2 i 3.

U obou variant je možné volit buďto z jednoho širšího pásového dopravníku, nebo dvou užších vedle sebe. Z hlediska nákladů, v porovnání těchto dvou variant, vychází výhodněji jeden širší pásový dopravník. Diametrálně odlišný je však pohled z výroby, kde má porucha jednoho širokého pásového dopravníku mnohem větší následky než porucha pouze jednoho ze dvou užších pásových dopravníků vedle sebe.

Varianta číslo 2 a 3 se liší délkou pásového dopravníku, kdy v případě varianty číslo 3 je použit kratší pásový dopravník a aby pro sedáky operátoři nemuseli chodit zbytečně daleko, jsou přesunuty testovací EOLT zařízení blíže finální montáži, respektive pásovému dopravníku. Přesun testovacích zařízení je však zejména technicky a finančně náročný.

Tab. 15.18: Hodnotící tabulka pro jednotlivé varianty.

Kritéria (hodnoceny 1-3 body)	Váha	1	2.1	2.2	3.1	3.2	3.3
Možnost oddělení toku mat. jednotlivých větví finální montáže	0,4	1	2	3	1	2	3
Zabezpečení toku materiálů při poruše jednoho dopravníku	0,3	1	1	3	1	1	3
Celkové náklady na dopravník	0,3	3	2	1	3	1	1
<b>Σ</b>	<b>1</b>	<b>1,60</b>	<b>1,70</b>	<b>2,40</b>	<b>1,60</b>	<b>1,40</b>	<b>2,40</b>

K hodnocení jednotlivých variant je použita stupnice o rozsahu 1-3 bodů, kde platí:

- 1 – nesplňuje kritérium, vysoké náklady
- 2 – částečně splňuje kritérium, průměrné náklady
- 3 – splňuje kritérium, nízké náklady

Pro jednotlivé varianty platí následující popisy:

- 1 Jeden úzký pásový dopravník (4300x500 mm)
- 2.1 Jeden široký pásový dopravník (4300x1000 mm)
- 2.2 Dva úzké pásové dopravníky (2x 4300x500 mm)
- 3.1 EOLT blíže, jeden úzký pásový dopravník (3400x500 mm)
- 3.2 EOLT blíže, jeden široký pásový dopravník (3400x1000 mm)
- 3.3 EOLT blíže, dva úzké pásové dopravníky (2x 3400x500 mm)

Dle hodnotící tabulky (15.18) získávají nejvíce bodů shodně varianty se dvěma užšími dopravníky vedle sebe. Jedná se o variantu číslo 2 s delším pásovým dopravníkem a variantu číslo 3 s kratším pásovým dopravníkem a testovacími stanovišti přesunutými blíže k finální

montáži. Vzhledem k faktu složitého přesunu testovacích stanovišť se jako nejvhodnější jeví *varianta číslo 2* – konkrétně využití *dvou užších pásových dopravníků vedle sebe s investicí ve výši 229 300 Kč*.

### 15.1.8 Návratnost investice

Tab. 15.19: Konstanty použité pro výpočet doby návratnosti investice do nového pásového dopravníku.

Konstanty	Jednotka
Hodinové náklady pracoviště F5 a F5.2	25 euro
Kurz	27 Kč/euro
Počet směn za den	3 -
Počet pracovních dní v roce 2017	235 dnů
Koeficient	0,6
Původní počet vyrobených sedáků za směnu	732 ks
Počet vyrobených sedáků za směnu po optimalizaci	786 ks
Rozdíl v počtu vyrobených sedáků před a po optimalizaci	54 ks

Koeficient s hodnotou 0,6 v sobě zahrnuje rizika, které s prostředím výroby souvisí. Jedná se například o situace, kdy z osobních nebo zdravotních důvodů nedorazí na směnu odpovídající počet operátorů, nějaký z operátorů bude výrazně pomalejší, dále zahrnuje čekání na dodávku materiálů od dodavatele, nebo jakékoliv jiné důvody, díky kterým linka nebude moct produkovat sedáky dle plánu maximálního využití linky.

Z důvodu velkého zatěžování pásového dopravníku je počítáno s nutností výměny pásu každý rok. Konkrétní nákladové položky jsou uvedeny v následující tabulce č. 15.20.

Počet pracovních dní v roce 2017 je ponížen o celozávodní dovolené.

Tab. 15.20: Náklady na nový pás a jeho výměnu.

Nový pás 4300x500 mm	5 900 Kč
Výměna pásu	2 000 Kč

Tab. 15.21: Výpočet doby návratnosti investice do zvolené varianty pásového dopravníku.

Výpočet návratnosti	Jednotka
Uspořený čas během výroby jednoho kusu	4,896 s
Uspořený čas během směny	3 583,710 s
Uspořený čas během pracovního dne	10 751,129 s
Uspořený čas během roku	2 526 515,336 s
Uspořený čas během roku	701,810 hod
Roční úspora	473 721,626 Kč
Cena pásového dopravníku	229 300,000 Kč
Cena pásového dopravníku + roční výměna pásu (na 5 let)	308 300,000 Kč
Návratnost zvolené varianty při využití obou větví finální montáže	0,651 let
Návratnost s koeficientem	1,085 let

Návratnost investovaného kapitálu byla vypočtena na 7,8 měsíců při plném vytížení výrobní linky. Při započtení koeficientu, který do výpočtu vnáší důsledky obvyklých

problémů výrobních provozů se návratnost investice prodloužila na 13 měsíců. To je vzhledem k prozatím nasmlouvaným objemům produkce a dlouhodobým výhledům vývoje prodeje zákazníka příznivá hodnota. S provozem výrobní linky, kterou se zabývá tento diplomový projekt, se počítá v řádu let, tudíž investici lze vedení firmy xy doporučit.

Při době trvání výroby sedáků 5 let dosáhne firma xy během této doby úspory 955 655 Kč oproti původnímu stavu.

### 15.1.9 Kontrola hmotnostních limitů

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.<sup>2</sup> stanovuje hmotnostní limity pro pracovníky.

Konkrétně pro:

a) muže

- při občasném zvedání a přenášení je 50 kg
- při častém zvedání a přenášení 30 kg
- kumulativně za směnu 10 000 kg

b) ženy

- při občasném zvedání a přenášení je 20 kg
- při častém zvedání a přenášení 15 kg
- kumulativně za směnu 6 500 kg

Tab. 15.22: Srovnání původního a nového stavu přenášené hmotnosti operátorem během směny.

	Původní stav [kg]	Nový stav [kg]	Rozdíl [kg]
Kumulovaná hmotnost přenášená operátorem během jedné směny	3 848,08	4 128,69	280,61
Průměrná hmotnost sedáku	10,5	10,5	0

Z tabulky lze vyčíst, že i po navrhovaném zrychlení linky jsou hmotnostní limity pro muže a zejména i pro ženy splněny. To v případě hmotnosti, kterou je možné přenášet jednorázově, a stejně tak i v případě kumulované hmotnosti za celou směnu.

U žen by mohlo nastat překročení těchto hmotnostních limitů například při práci na tzv. dvanáctihodinové nebo delší směně. Tento model delších směn se ve firmě xy na projektu, který řeší tento diplomový seminář, nevyužívá. Pokud by k tomu mělo dojít, práci by měli vykonávat muži, kteří mají zákonem stanovené limity vyšší.

<sup>2</sup> <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

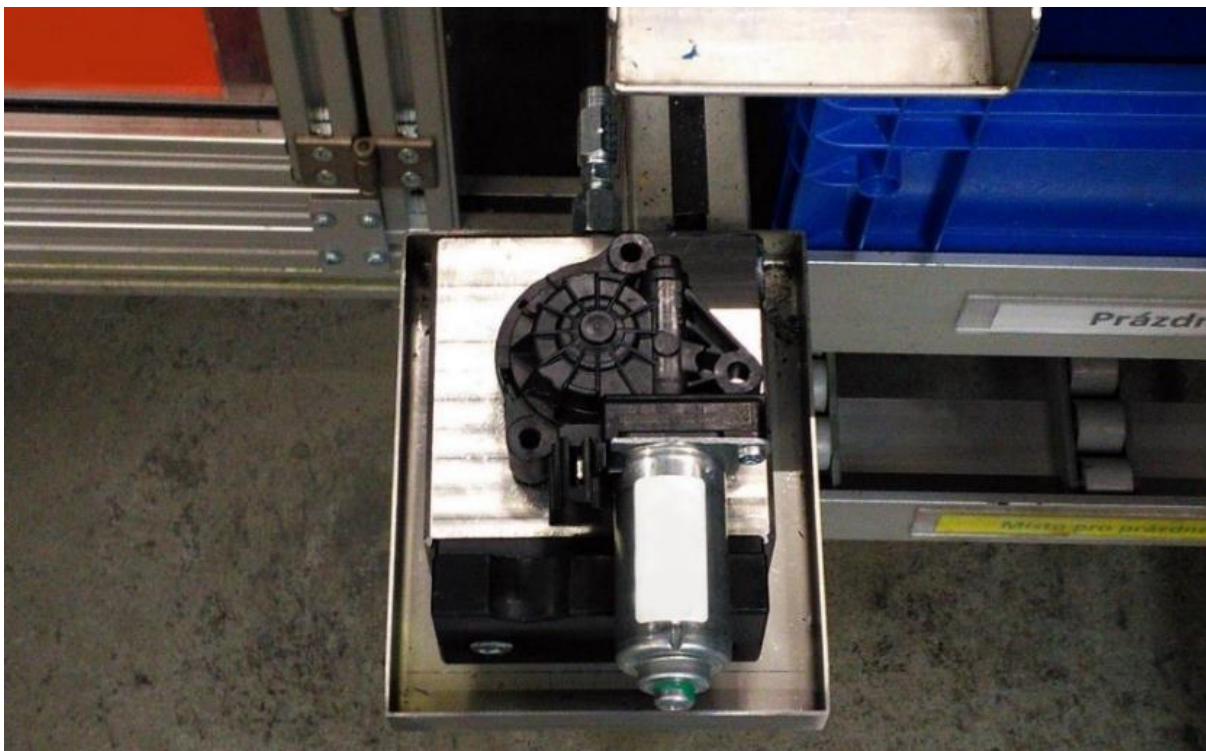


## 15.2 Konstrukční změna mazacího zařízení

Jedním z ergonomicky nejméně vhodných řešení v oblasti finální montáže se nachází na čtvrtém stanovišti. Jedná se o zařízení pro mazání motoru, který se poté montuje do sedáku.

### 15.2.1 Původní stav

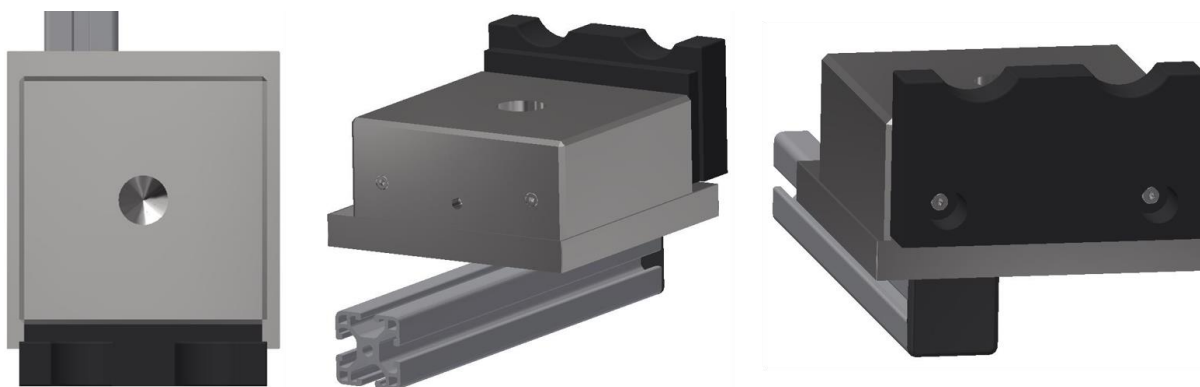
Sestava se skládá (viz obr. 15.10) ze stříbrného motoru (na obrázku s přilepenou bílou nálepkou) a na něj napojené převodovky, která je chráněna černou plastovou skříní převodovky.



Obr. 15.10: Zařízení pro mazání motoru – fotografie původního stavu.

Hlavní část mazacího zařízení je kovový kvádr, ke kterému je připojena hadice. Ta dodává přísun nového maziva. Zespodu je umístěn senzor přítomnosti motoru. Pokud senzor zjistí jeho přítomnost, vtlačí skrz trubku do mazacího zařízení předem určené množství maziva. Pod touto sestavou se nachází plechová vana, pro případ úniku maziva.

Pohledy na mazací zařízení z různých stran jsou na následujícím obr. 15.11.



Obr. 15.11: 3D model původního stavu mazacího zařízení, pohled shora, zezadu a zepředu (z pohledu operátora).

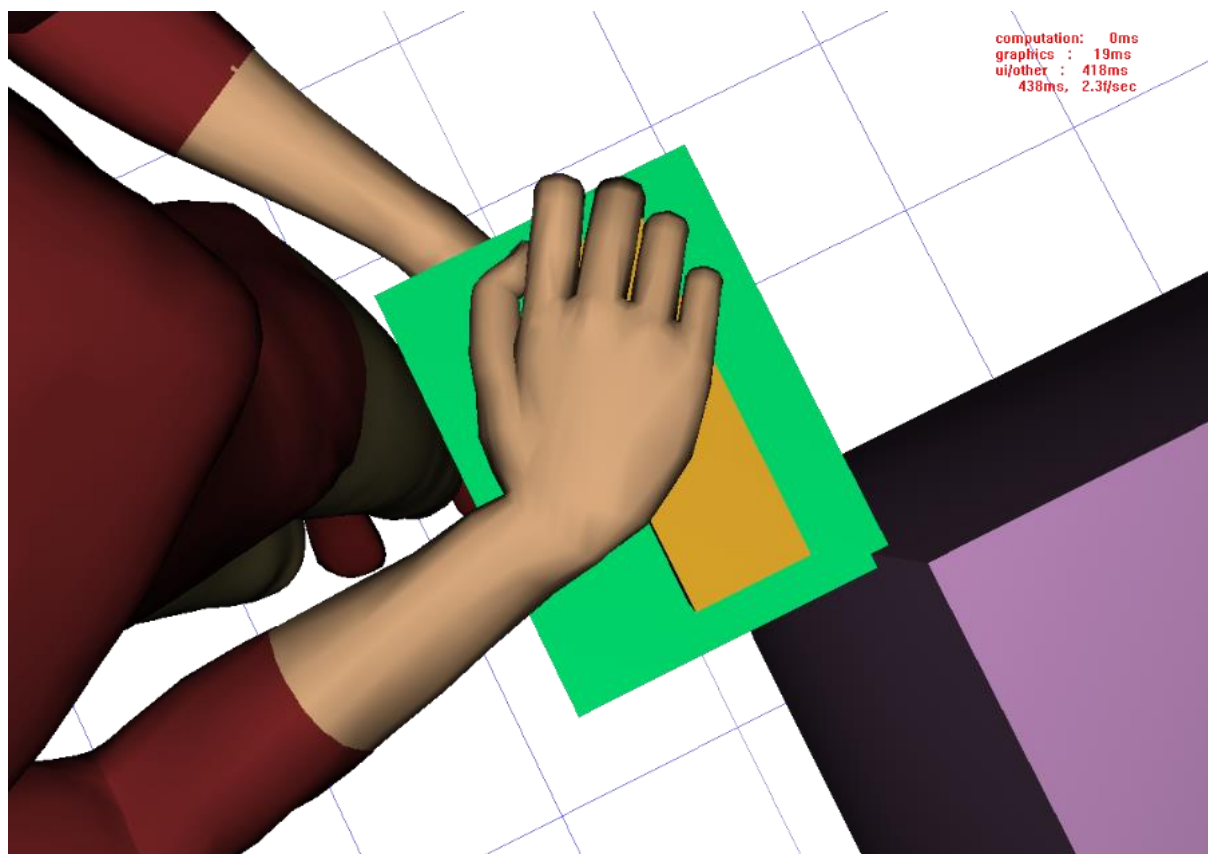


Při odebrání motoru z mazacího zařízení je pracovník nucen nepřírozeně přetáčet ruku, kterou jej následně vkládá na určené místo na sedákové struktuře. Důvodem je natočení mazacího stojanu o 180 stupňů oproti místu, kde se motor finálně montuje do sedákové struktury. Z dlouhodobého hlediska toto neergonomické přetáčení zápěstí může způsobit operátorům zdravotní problémy.

Někteří operátoři si osvojili techniku, při které na motoru s převodovkou při pohybu přehmatávají nebo si dokonce pomáhají druhou rukou. Což operaci dále zbytečně znesnadňuje a prodlužuje.

Nejčastěji bylo u operátorů v průběhu montáže motoru pozorováno přetáčení ruky, které je časově náročnější než pohyb ruky bez přetáčení – avšak časový rozdíl není výrazný. Druhým faktem je, že pracoviště číslo čtyři není úzkým místem. Z těchto důvodů při řešení problému mazání motoru nebude s ušetřeným časem kalkulováno. Zlepšovací návrh bude řešen zejména z ergonomického hlediska.

Na následujícím obrázku (obr. 15.12) je vyobrazena situace, kdy pracovník odebrá motor ze stojanu a neergonomický přitom otáčí zápěstí, aby mohl celou operaci instalaci motoru provést bez přehmatávání.

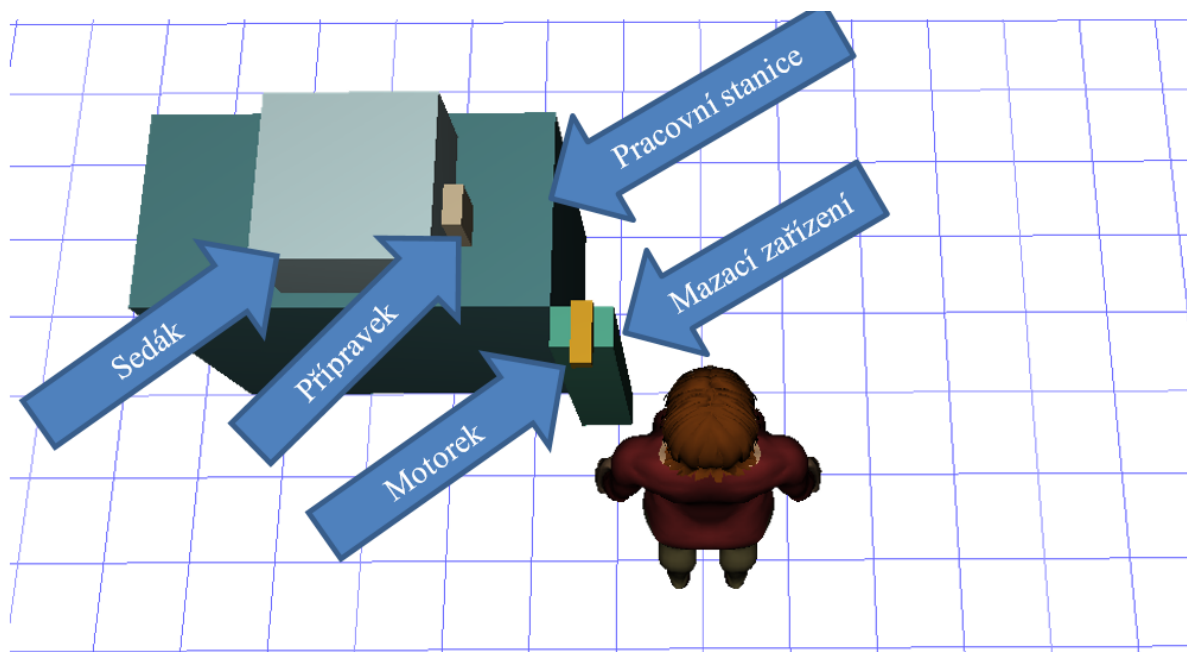


Obr. 15.12: Simulace momentu, kdy operátor provádí ergonomicky nevhodný úchop motoru.

Operace odebrání motoru s převodovkou z mazacího zařízení byla simulována pomocí studentské verze programu Siemens Tecnomatix Jack. Tato verze nenabízí všechny možnosti analýz jako plná verze, ale i přes tento fakt je to vhodný nástroj pro zhodnocení a srovnání jednotlivých variant prováděných činností.

V plné verzi programu je možnost importovat prostorová data výrobního zařízení nebo výrobní linky a tím získat pro simulaci velmi přesný obraz skutečnosti. Studentská verze tuto možnost nepodporuje, proto bylo potřeba nejdříve vytvořit pomocí velmi jednoduchých

prostorových tvarů prostředí podobné skutečnému ve firmě. Nejdůležitější je nastavení správné velikosti modelu motoru s převodovkou a také místo ze kterého bude odebírán. To stejné platí i pro místo, kam jej bude potřeba poté umístit. Jedná se zejména o výšku stolu linky.



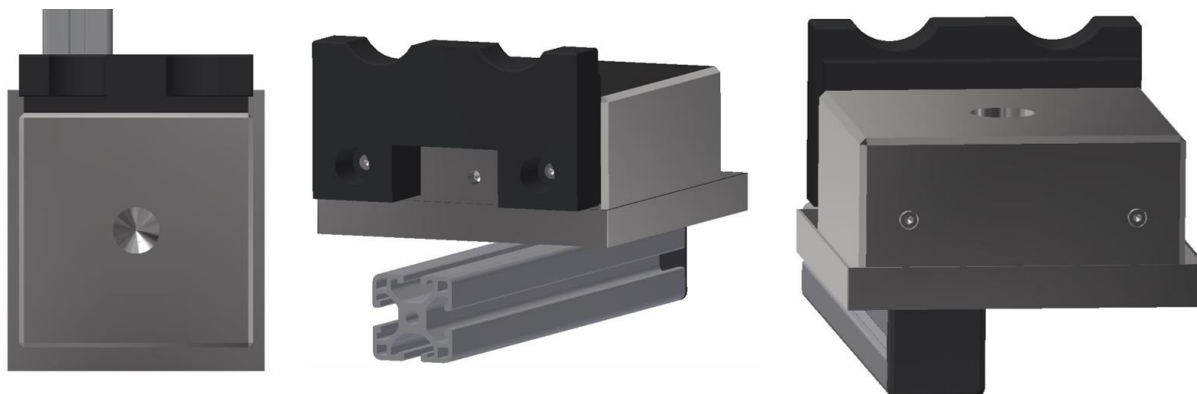
Obr. 15.13: Zjednodušený model situace na stanovišti F4 vytvořený v programu Tecnomatix Jack.

Po vytvoření odpovídající zjednodušené verze pracoviště (viz obr. 15.13) je třeba vložit model člověka. Těch je na výběr velké množství. Pro simulaci byla vybrána postava ženy, u které dle programu vzrůst a rozměry postavy odpovídají německé ženě. Což bylo z nabízených možností geograficky nejbližší varianta.

### 15.2.2 Navrhované řešení

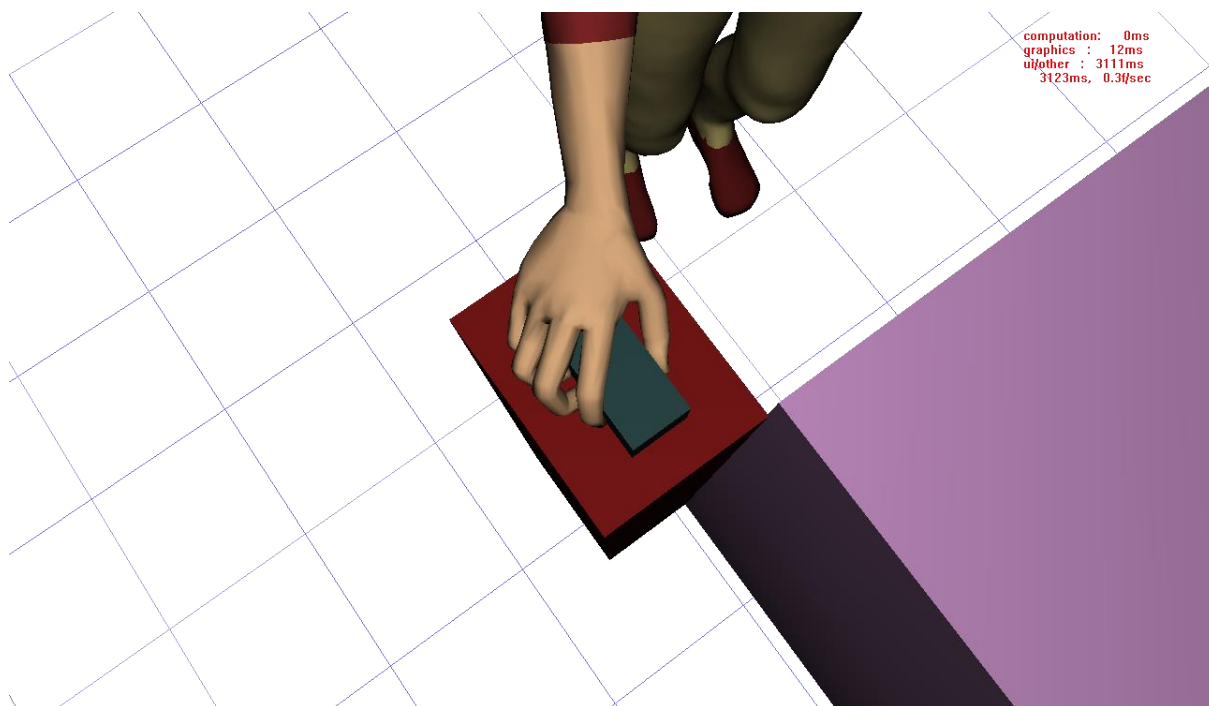
K pohodlnější instalaci motoru je třeba změnit konstrukci stojanu na kterém dochází k mazání. Cílem je, aby pozice pro motor byla otočena o 180 stupňů, změna byla co nejméně finančně náročná a ideálně co nejméně zasahovala do běžného výrobního chodu linky.

Pohledy na mazací zařízení z různých stran jsou na následujícím obr. 15.14.



Obr. 15.14: 3D model navrhovaného stavu mazacího zařízení, pohled shora, zezadu a zepředu (z pohledu operátora).

Cílem je stav mazacího zařízení, při kterém operátor bude moc motor uchopit dle simulace na obrázku 15.15.



*Obr. 15.15: Simulace momentu uchopení motoru dle navrhovaného stavu.*

Zařízení pro mazání motoru je konstrukčně jednoduché. Navrhovaná změna spočívá v přesunutí černé gumové části stojanu na druhou stranu od operátora směrem k pracovišti. Čímž budu umožněno mazání v poloze o 180 stupňů otočené oproti původní pozici.

Gumová část je ke kovové části přišroubována dvěma šrouby. Díry pro šrouby se nacházejí na obou stranách kovové části. Strany se liší pouze krátkou trubicí přivádějící mazivo, na kterou je dále napojena hadice. Díky ní není možné gumovou část jen jednoduše přišroubovat na druhou stranu, protože tomu trubice brání.

Při otočení mazacího stojanu, se větší část černé gumové části stojanu skryje, a vzhled této zakryté části již nebude hrát takovou roli.

Navrhuji proto vyřezání otvoru zespodu gumové části o rozměrech 40x20 mm. Což bude dostatečné na průchod trubice s mazivem.

Původní pozice mazacího stojanu je vzdálená 4 cm od pracovního stolu, což je nedostatečný prostor pro montáž gumové části. Z tohoto důvodu je pozitivní, že konstrukce stojanu umožňuje posunutí mazací kovové kostky směrem od pracovního stolu stanoviště a její úplné vyjmutí.

#### **Navrhovaný pracovní postup:**

- 1) vypnutí přívodu maziva
- 2) odpojení hadice přivádějící mazivo do mazacího zařízení
- 3) odšroubování kovové kostky od profilu stojanu a jejich vzájemné oddělení
- 4) odšroubování dvou kratších šroubů ze strany opačné oproti umístěné gumové části
- 5) odšroubování dvou šroubů spojující gumovou a kovovou část

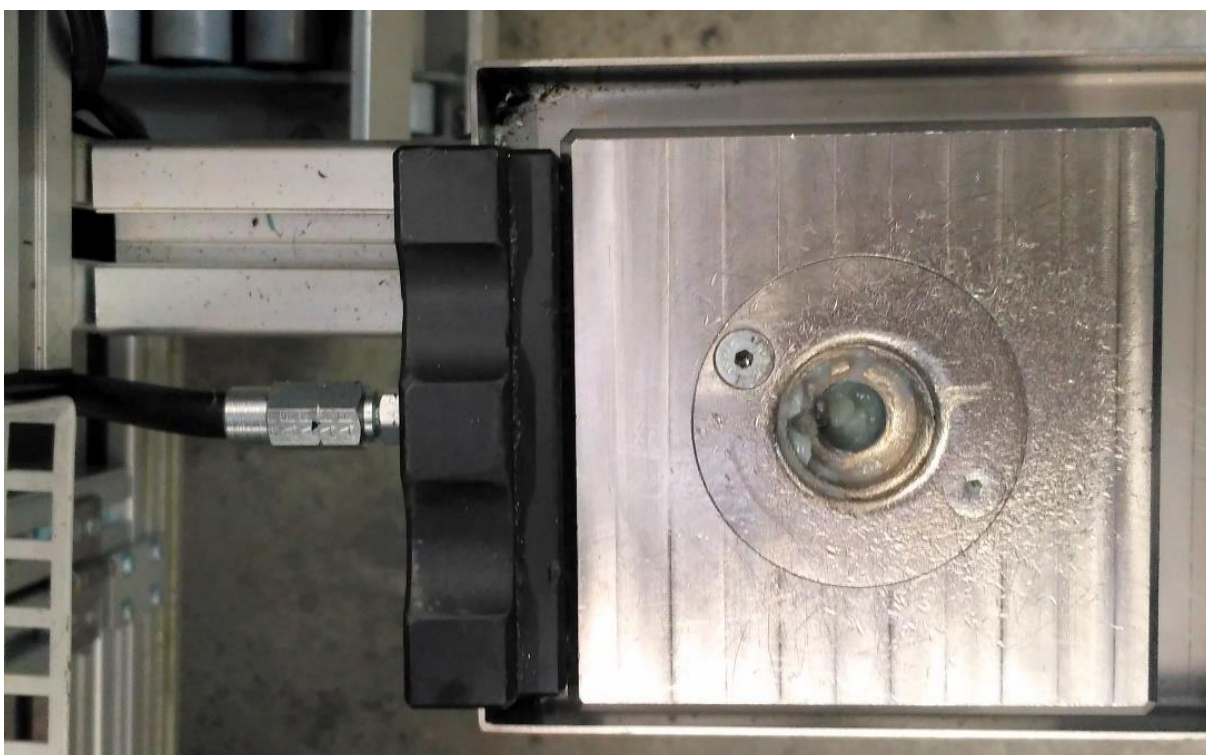
- 6) vyřezání otvoru o rozměrech 40x20 mm do gumové části
- 7) přišroubování gumové části na druhou stranu kovové kostky (oproti původní pozici) dvěma původními šrouby
- 8) zašroubování původních kratších šroubů, pocházející ze strany od pracovního stanoviště, na stranu odvrácenou od stanoviště
- 9) nasazení smontované kovové a gumové části na profil stojanu, jejich vhodné umístění a přišroubování obou částí dohromady
- 10) připojení hadice přivádějící mazivo do mazacího zařízení
- 11) zapnutí přívodu maziva
- 12) ověření funkčnosti mazacího zařízení

Výkres gumové části mazacího zařízení, který je hlavním předmětem konstrukční změny, je součástí diplomového projektu jako příloha 1.

Bylo doporučeno neprovádět úpravy na lince finální montáže svépomocí a navrhované změny prezentovat firmě, která linku dodala a stará se o její úpravy.

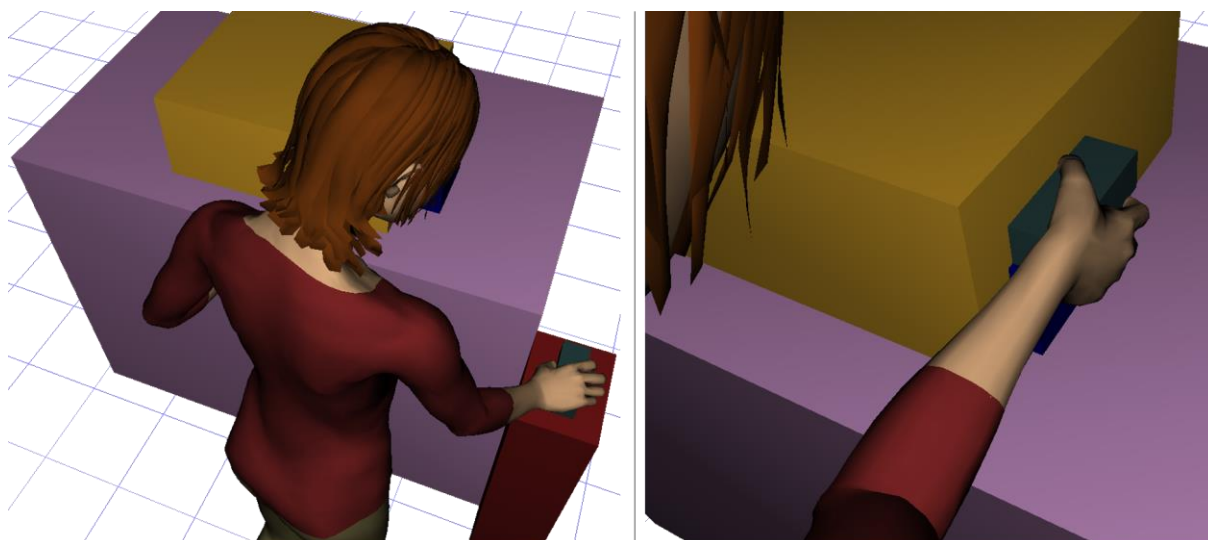
### 15.2.3 Finální provedení

Firma, který linku dodala, návrh změny schválila a následně provedla úpravu mazacího zařízení, již během zpracovávání diplomového projektu. Výsledný stav je možné spatřit na obr. 15.16.



*Obr. 15.16: Finální provedení mazacího zařízení po úpravě dle návrhu rozpracovaného v diplomovém projektu.*

Výsledkem této změny je zjednodušení práce a zlepšení ergonomie pracoviště pro operátory. Každý opakovaný nepřirozený pohyb může operátorům v dlouhodobém hledisku způsobit zdravotní komplikace, čehož se firma xy snaží vyvarovat.



*Obr. 15.17: Simulace finálního stavu úchopu po konstrukční úpravě (vlevo) a simulace finálního umístění motoru na sedáku*

Operátoři změnu hodnotí kladně. Její implementace byla provedena v době, kdy operátoři na pracovišti nepracovali, nemusel být tedy přerušen běžný chod montáže.

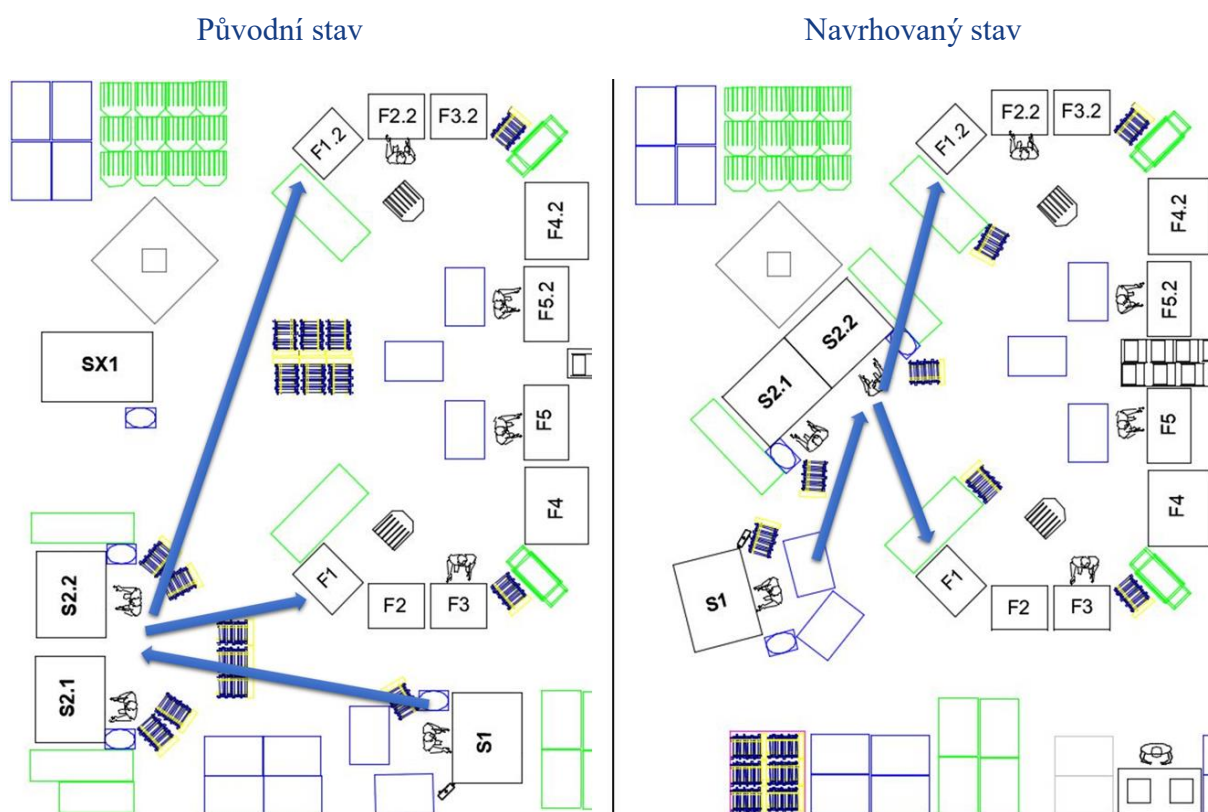


### 15.3 Změna rozmístění strojů S2.1, S2.2, S1 a SX1.

Návrh změny polohy pracovišť S2.1 a S2.2 počítá s jejich přesunutím blíže k prvním stanovištím finální montáže. Tím by se zkrátily vzdálenosti, které operátoři daných pracovišť musí během směny nachodit a taky časy přesunů materiálu. Stanoviště S2.1 a S2.2 by se tímto staly s celou finální montáží kompaktnějším celkem.

S přemístěním dříve jmenovaných pracovišť souvisí taky umístění pracoviště S1, které slouží jako jejich bezprostřední dodavatel komponent. Toto pracoviště se pracovištím S2.1 a S2.2 dle návrhu přiblíží (obr. 15.18 - vpravo).

#### 15.3.1 Grafické srovnání původního a navrhovaného stavu



Obr. 15.18: Porovnání původního a navrhovaného stavu rozmístění pracovišť výrobní linky.

Aby bylo možné tento návrh provést, je nejdříve nutné přemístit stroj SX1, který je nyní situován právě do míst, kde by bylo vhodné přemístit stroje S2.1 a S2.2. Vzhledem k tomu, že stroj SX1 není v době psané diplomového projektu využíván a není to ani plánováno během budoucích měsíců až nižších jednotek let.

Navrhovaný stav počítá s přesunem pracoviště S1 z původního umístění, poblíž infokoutku, do blízkosti pracovišť S2.1 a S2.2. Tím dojde k uvolnění místa, a do blízkosti infokoutku je možné přesunout stanoviště oprav. To se tímto posune blíže k lince finální montáže a uvolní na svém původním umístění místo pro přeskupení linky jiného projektu.

Přesunutím pracoviště S1 se výrazně zkrátí vzdálenost mezi ním a navazujícími pracovišti S2.1 a S2.2. Po vykonání potřebných montážních operací na těchto pracovištích, se poté produkt dále přesune k levému a pravému křídlu linky finální montáže.

Firma XY má snahu využívat maximum plochy pro výrobní účely, a tudíž generování hodnot a zisku, s tím souvisí minimum skladovacích prostor. Skladovací prostory navíc

slouží pouze pro dočasné uložení materiálu potřebného pro výrobu. Není proto jednoduché pro stroj SX1 najít nové umístění. Stroj je v plánu po uplynutí období několika let začít znovu využívat pro novou linku či rozšíření stávající. Není jej proto možné sešrotovat.

Dalším krokem bude schůzka s odpovídajícím zaměstnancem firmy xy a ověření, zda se v prostorech firmy nachází prostor, kde může být stroj SX1 přesunut. Pokud se místo nepodaří najít, nabízí se umístění v jiné lokaci firmy xy v rámci České Republiky, kde je k dispozici volná kapacita.

Tab. 15.23: Porovnání vzdálenosti nachezení operátory při původním a navrhovaném stavu rozmístění pracovišť.

Přesuny operátorů	S1-> S2.1+S2.2 [mm]	S2.1-> F1 [mm]	S2.2-> F1.2 [mm]	$\Sigma$ [mm]	$\Sigma$ [m]
Původní stav	6580	5730	10150	22460	22,46
Navrhovaný stav	4140	4300	5070	13510	13,51

Při výpočtu je kalkulováno s tokem materiálu odpovídající obrázku 15.18. Kde z pracoviště S1 je materiál společně přesunut do blízkosti obou pracovišť S2.1 a S2.2. Při toku materiálu z těchto pracovišť již operátoři jednotlivých pracovišť dodávají materiál k jednotlivým prvním pracovištím finální montáže dle jejich vzdálenosti. To znamená, že první operátor dodává z S2.2 na F1.2 a druhý operátor dodává materiál z S2.1 na pracoviště F1.

Ani jedno z pracovišť, které je navrhované k přesunu není úzkým místem, proto přesuny neovlivní takt linky, ale ulehčí operátorům z pohledu překonané vzdálenosti během směny a v neposlední řadě taky manipulované hmotnosti.

Dle interních školících materiálů platí, že pokud jsou produkty, které se přenáší těžší než 2,5 kg, délka kroku operátora odpovídá v průměru 0,75 m.

Tab. 15.24: Porovnání původního a navrhovaného stavu z hlediska vzdálenosti, kterou operátoři nachodí.

Přesuny operátorů	$\Sigma$ [m]	počet kroků operátorů
Původní stav	22,46	30
Navrhovaný stav	13,51	18
Rozdíl	<b>8,95</b>	<b>12</b>

Při pohledu na předchozí tabulku je zjevný rozdíl 12 kroků, to znamená že, navrhovaná varianta ušetří operátorům 40 % vzdálenosti, kterou operátoři překonávají společně s materiálem mezi pracovišti začínající S1 a končící na prvních stanovištích finální montáže sedáků – tj. pracovištích F1 a F1.2.

Náklady na přesun pracovišť jsou odhadovány na 12 000 Kč.

---

## ZÁVĚR

Zadáním a předmětem tohoto diplomového projektu bylo připravit návrhy pro optimalizaci výrobní linky ve vybrané firmě.

Diplomový projekt začíná vysvětlením principů štihlé výroby, úzkých míst, analýz práce, ergonomie, bezpečnosti atd. Poté je popsána konkrétní výrobní linka ve firmě xy. Na tuto výrobní linku je pohlíženo z více hledisek a hledají se nejvhodnější místa k optimalizaci.

Z hlediska výrobních času byl rozpracován návrh na nákup nového pásového dopravníku společně s přesunem části pracovišť. Pracovalo se s více variantami, které byly mezi sebou porovnány. U všech variant byla zpracována zjednodušená verze MTM – SD analýzy, která vytvořila podklad pro objektivní srovnání úspory času. U dodavatelů byly poptány pásové dopravníky s požadovanými parametry, spočítány náklady na jednotlivé varianty a dle hodnotící tabulky vybrána nejvhodnější varianta. Pro tu byla vypočtena návratnost.

Jako nevhodnější varianta byla vybrána výměna aktuálního pásového dopravníku za dva úzké pásové dopravníky s rozměry 4300x500 mm. Kde bylo za podmínky maximálního vytížení linky dosaženo následujících výsledků:

- úspora 4,896 s u operátorů na pracovištích F5 a F5.2,
- úspora 4,284 s u 1. EOLT operátora,
- úspora 3,060 s u 2. EOLT operátora,
- zvýšení výstupu linky ze 732 ks na 786 ks za směnu (+54 ks),
- snížení taktu linky z 72,036 s na 67,140 s (-4,896 s),
- zvýšení flexibility linky, snížení přestavbových časů,
- snížení rizika úplného zastavení linky z důvodu poruchy pásového dopravníku,
- návratnost investice: 7,8 měsíce v ideálních podmínkách (13 měsíců při započtení koeficientu reálného provozu),
- návrh byl ve firmě xy implementován.

Druhým zpracovávaným tématem byl návrh konstrukční změny mazacího zařízení. Původní stav nutil operátory dělat neergonomický pohyb. Pro zlepšení stavu byl vytvořen:

- návrh na změnu konstrukce, která odstraňuje ergonomické nedostatky původního stavu mazacího zařízení,
- pracovní postup s činnostmi nutnými pro změnu konstrukce zařízení,
- výkresová dokumentace,
- původní i navrhovaný stav byl simulován v ergonomickém programu Tecnomatix Jack od firmy Siemens,
- navrhovaná konstrukční změna byla ve firmě xy implementována.

Posledním optimalizačním návrhem je změna umístění strojů S2.1, S2.2, S1 a SX1. Implementací se dosáhne:

- úspory 40 % vzdálenosti, což odpovídá součtu 12 krokům operátorů, při toku materiálu začínajícím na pracovišti S1 a končícím na stanovištích finální montáže sedáků – tj. pracovištích F1 a F1.2.



---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] WOMACK, James P., Daniel T. JONES a Daniel. ROOS. *The machine that changed the world: how Japan's secret weapon in the global auto wars will revolutionize western industry*. New York, NY: HarperPerennial, 1991. ISBN 978-006-0974-176.
- [2] *Lean management* [online]. 2013 [cit. 2017-01-16]. Dostupné z: <http://searchcio.techtarget.com/definition/lean-management>
- [3] SMALLEY, Art. a Isao. KATŌ. *Implementing kaizen: the core of Toyota's lean skill set*. Boca Raton: Taylor, 2011. ISBN 978-143-9838-532.
- [4] SCHMITT, Bertel. World's Largest Automakers 2016: Toyota Pulls Ahead Of Volkswagen -- By A Hair. In: *Forbes* [online]. 2016 [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.forbes.com/sites/bertelschmitt/2016/09/28/worlds-largest-automakers-2016-toyota-pulls-ahead-of-volkswagen-by-a-hair/#49de0019d404>
- [5] MARCHWINSKI, Chet. a John. SHOOK. *Lean lexicon: a graphical glossary for lean thinkers* [online]. Fourth Edition. Brookline, Mass.: Lean Enterprise Institute, 2003 [cit. 2016-12-30]. ISBN 09-667-8436-7. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/51598636/2009-LEX4-ebook-1>
- [6] Jidoka: Co je Jidoka. *ManagementMania: Business Encyklopedie* [online]. 2016 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/jidoka>
- [7] *What is Kanban?* [online]. 2009 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://kanbanblog.com/explained/>
- [8] Setting Up Kanban Management. *JD Edwards EnterpriseOne Kanban Management 9.0 Implementation Guide* [online]. JD Edwards, 2008 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: [http://docs.oracle.com/cd/E15156\\_01/e1apps90pbr0/eng/psbooks/1akm/chapter.htm?File=1akm/htm/1akm04.htm](http://docs.oracle.com/cd/E15156_01/e1apps90pbr0/eng/psbooks/1akm/chapter.htm?File=1akm/htm/1akm04.htm)
- [9] VERNYI, Bruce. Easing Into E-Kanban: Perfecting system internally first can increase comfort levels. *IndustryWeek: Advancing the Business of Manufacturing*. 2005.
- [10] DRICKHAMER, David. The Kanban E-volution: Electronic kanban systems automate the pull-based replenishment methodology without forsaking lean manufacturing's commitment to simplicity. *Material Handling Management*. 2005, (March).
- [11] Čtečka čárových kódů [online]. [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: [http://technet.idnes.cz/foto.aspx?foto1=JZA332179\\_shutterstock\\_22351348.jpg](http://technet.idnes.cz/foto.aspx?foto1=JZA332179_shutterstock_22351348.jpg)

- 
- [12] ALUKAL, George a Anthony MANOS. *Lean kaizen: a simplified approach to process improvements* [online]. Milwaukee, Wis.: ASQ Quality Press, 2006 [cit. 2016-12-30]. ISBN 08-738-9689-0. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=aohFNzE0BWkC&printsec=frontcover&dq=kai zen&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjEsKfbrprRAhVdMlAKHdxZBSUQ6AEILzAB#v=onepage&q&f=false>
- [13] What is Kaizen? *Kanbanchi* [online]. [cit. 2017-01-07]. Dostupné z: <http://www.kanbanchi.com/what-is-kaizen>
- [14] BRADBURY, Joel. *What Is Kaizen?* [online]. 2015 [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <https://www.graphicproducts.com/articles/what-is-kaizen/>
- [15] ŌNO, Taiichi. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1988. ISBN 09-152-9914-3.
- [16] Just in Time (JIT), TAKT a Tok jednoho kusu. *Kaizen Institut* [online]. [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <https://cz.kaizen.com/slovník/just-in-time.html>
- [17] Verspillingen op het secretariaat. *Quadrant advies* [online]. [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <https://www.quadrantadvies.nl/blog/verspillingen-op-het-secretariaat/>
- [18] PYZDEK, Thomas. *The Six Sigma handbook a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels* [online]. Rev. and expanded ed. New York: McGraw-Hill, 2003 [cit. 2016-12-29]. ISBN 00-714-1596-3. Dostupné z: <http://www.gmpua.com/QM/Book/The%20six%20sigma%20handbook.pdf>
- [19] *Plytvání* [online]. [cit. 2016-12-31]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-plytvani.htm>
- [20] *Plytvání (muda)* [online]. 2016 [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plytvani>
- [21] *Muda Mura and Muri / Lean Manufacturing Wastes: Lean Manufacturing Wastes* [online]. 2016 [cit. 2016-12-30]. Dostupné z: <http://leanmanufacturingtools.org/71/muda-mura-and-muri-lean-manufacturing-wastes/>
- [22] *Wastes* [online]. [cit. 2017-04-03]. Dostupné z: <http://www.lbspartners.ie/wp-content/uploads/2015/11/8-wastes.png>
- [23] ROBINSON, Harry. *Using Poka-Yoke Techniques* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/6069/88be74e39106b4ef3ed30472045bdc2b25b4.pdf>
-

- 
- [24] SHINGŌ, Shigeo a Andrew P. DILLON. *A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint*. Rev. ed. Cambridge, Mass.: Productivity Press, c1989. ISBN 09-152-9917-8.
- [25] Poka Yoke or Mistake Proofing :: Overview. *The Quality Portal* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://thequalityportal.com/pokayoke.htm>
- [26] GROUT, John R. a Brian T. DOWNS. A Brief Tutorial on Mistake-proofing, Poka-Yoke, and ZQC. In: *John Grout's Mistake-Proofing Center* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.mistakeproofing.com/tutorial.html>
- [27] POKA-YOKE. *Ikvalita.cz: portál pro kvalitáře* [online]. [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>
- [28] Standard Work. *Six Sigma* [online]. [cit. 2017-01-16]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/dictionary/standard-work/>
- [29] SÝKORA, Ondřej. *STANDARDIZOVANÁ PRÁCE - IMPLEMENTACE ŠTÍHLÉ VÝROBY: sborník příspěvků z mezinárodní vědecké konference*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2009. ISBN 978-80-7394-173-4.
- [30] LOGISTICKÉ ŘÍZENÍ VÝROBY: Řízení úzkých míst. In: *Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně: Fakulta logistiky a krizového řízení* [online]. 2013 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: <http://www.utb.cz/file/35260/>
- [31] Teorie omezení - TOC. *Centre for industrial and engineering CIE* [online]. 2013 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/teorie-omezeni-toc>
- [32] KARBUSOVÁ, Marie. *Seznámení s metodikou MTM – Ergonomie - CIP: Technická univerzita v Liberci* [online]. In: . 2013, s. 49 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: [http://educom.tul.cz/educom/inovace/TP/2013\\_18\\_03\\_Projektov%C3%A1n%C3%AD%20v%C3%BDrobn%C3%ADch%20syst%C3%A9m%C5%AF\\_Sezn%C3%A1men%C3%AD%20MTM-Erg-CIP.pdf](http://educom.tul.cz/educom/inovace/TP/2013_18_03_Projektov%C3%A1n%C3%AD%20v%C3%BDrobn%C3%ADch%20syst%C3%A9m%C5%AF_Sezn%C3%A1men%C3%AD%20MTM-Erg-CIP.pdf)
- [33] BENCKO, Vladimír. *Hygiena: učební texty k seminářům a praktickým cvičením*. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 1998. ISBN 80-718-4551-5
- [34] Jack and Process Simulate Human. *Siemens PLM Software* [online]. [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/human-ergonomics/jack.shtml)
- [35] *AXIOM TECH* [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: [http://www.axiomtech.cz/wcd/digitalni-tovarna/jack\\_rozmary.png](http://www.axiomtech.cz/wcd/digitalni-tovarna/jack_rozmary.png)
-

- 
- [36] Tecnomatix Jack. *Digital factory* [online]. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojí, Katedra průmyslového inženýrství a managementu, 2011 [cit. 2017-01-14]. Dostupné z: <http://digipod.zcu.cz/index.php/cs/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [37] DLABAČ, Jaroslav. Analýza a měření práce. *API - Akademie produktivity a inovací, s.r.o.* [online]. 2015 [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [38] KŘIŠŤÁK, Jozef. *MTM - Methods Time Measurement* [online]. In: . 2007 [cit. 2017-01-06]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/mtm-methods-time-measurement>
- [39] Technická univerzita v Liberci. Katedra výrobních systémů. *Metody předem stanovených časů* [online]. 21. března 2012. Dostupný z WWW: <[http://www.kvs.tul.cz/download/pi\\_pvs/8\\_prednaska.pdf](http://www.kvs.tul.cz/download/pi_pvs/8_prednaska.pdf)> [cit. 2017-01-06]
- [40] Školící materiály. Sdružení MTM pro Českou republiku a Slovenskou republiku. MTM-SD: Standardní data MTM, 56s
- [41] *MTM-SD Standard data* [online]. [cit. 2017-03-26]. Dostupné z: [http://www.officeline.be/Industrial\\_Engineering/methods\\_and\\_work\\_measurement/who-is-officeline/mtm-sd\\_standard\\_daten\\_german\\_mtm\\_association\\_-e.v.php](http://www.officeline.be/Industrial_Engineering/methods_and_work_measurement/who-is-officeline/mtm-sd_standard_daten_german_mtm_association_-e.v.php)
- [42] *Value Stream Mapping* [online]. , 35 [cit. 2017-01-03]. Dostupné z: [http://courses.washington.edu/ie337/Value\\_Stream\\_Mapping.pdf](http://courses.washington.edu/ie337/Value_Stream_Mapping.pdf)
- [43] *All About Spaghetti Diagrams* [online]. 2015 [cit. 2017-01-20]. Dostupné z: <http://www.allaboutlean.com/spaghetti-diagrams/>
- [44] PAVELKA, Marcel. *Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství* [online]. , 20 [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: [http://www.utb.cz/file/22868\\_1\\_1/](http://www.utb.cz/file/22868_1_1/)
- [45] EARLEY, T. What is 5S; Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. In: *Lean Manufacturing Tools: Lean Manufacturing Tools, Techniques and Philosophy / Lean and Related Business Improvement Ideas* [online]. 2011 [cit. 2017-01-12]. Dostupné z: <http://leanmanufacturingtools.org/192/what-is-5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-shitsuke/>
- [46] HIRANO, Hiroyuki. *JIT factory revolution: a pictorial guide to factory design of the future*. Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1988. ISBN 09-152-9944-5.
- [47] Manipulace s břemeny. *BOZPinfo* [online]. 2014 [cit. 2017-01-15]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremeny>
- [48] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-1479-0.
-

- 
- [49] NOVÁK, Josef. ORGANIZACE A ŘÍZENÍ: učební text (Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava). *Inovace studijních programů strojních oborů jako odezva na kvalitativní požadavky průmyslu* [online]. 2007, , 10-11 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>
- [50] ŠTROUF, Josef. *Technologie výroby plechových dílů* [online]. 2013, , 2-8 [cit. 2017-02-11]. Dostupné z: [http://www.ssstavji.cz/assets/File.ashx?id\\_org=400032&id\\_dokumenty=4195](http://www.ssstavji.cz/assets/File.ashx?id_org=400032&id_dokumenty=4195)
- [51] HORÁK, Aleš. *Projekt zabezpečení chodu poloautomatické linky na výrobu plastových oken* [online]. 2009 [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=17604](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17604). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Pavel Rumíšek.
- [52] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [53] RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN 80-214-0385-3.
- [54] Chaku Chaku. In: *Graphic Products: Solutions for Safety & Visual Communication* [online]. 2014 [cit. 2017-01-08]. Dostupné z: <https://www.graphicproducts.com/articles/chaku-chaku/>
- [55] Chaku - Chaku. *Svět Produktivity* [online]. [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Chaku-Chaku.htm>
- [56] El “Lightweight and Roomy” de Faurecia, debutó en el North American International Auto. In: *Metalmecanica* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.metalmecanica.com/documenta/imagenes/109172/1asiento-Light-and-Roomy-Faurecia-GRANDE.jpg>
- [57] William Hughes combines plastic and steel in a composite car seat mat structure. In: *William Hughes group* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.wmhughes.co.uk/wp-content/uploads/2016/02/seat-mat-structure-2.jpg>
- [58] *E-pump seat mechanism* [online]. In: . [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: [http://www.faurecia.de/files/site\\_de\\_country/producttab/image/e-pump-570x370\\_0.jpg](http://www.faurecia.de/files/site_de_country/producttab/image/e-pump-570x370_0.jpg)
- [59] Sparco Seat Runner Kit. In: *Demon Tweaks* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://www.demon-tweaks.co.uk/performance/seat-mounting-frames-universal/sparco-seat-runner-kit-each>
- [60] 12V Car Power Seat Recliner Adjustment Worm and Spur Gear Motor 404980. *Alibaba: Global trade starts here* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z:
-

- <https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1IvF5NVXXXXbSXXXXq6xXFXXXB/12V-Car-Power-Seat-Recliner-Adjustment-Worm.jpg>
- [61] BMW-640d-Gran-Coupe-103. In: *Motoroids* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://cdn.motoroids.com/wp-content/uploads/2013/01/BMW-640d-Gran-Coupe-103.jpg>
- [62] *Astra seats* [online]. [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: [http://www.vauxhall.co.uk/content/dam/Vauxhall/Europe/united\\_kingdom/nscwebsite/uk/Home/Vehicles/Cars/New%20Astra/New%20Astra%20Sports%20Tourer/992x500/vehicles-astra-comfort-sports\\_seats-VX\\_AST\\_23121-992x500.jpg](http://www.vauxhall.co.uk/content/dam/Vauxhall/Europe/united_kingdom/nscwebsite/uk/Home/Vehicles/Cars/New%20Astra/New%20Astra%20Sports%20Tourer/992x500/vehicles-astra-comfort-sports_seats-VX_AST_23121-992x500.jpg)
- [63] Side airbags in seats. In: *Legacy owners asociation* [online]. [cit. 2017-03-06]. Dostupné z: <http://legacygt.com/forums/attachment.php?attachmentid=85466&stc=1&thumb=1&d=1319106510>
- [64] Převraky technické. *Obal centrum* [online]. 2013 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <http://www.obal-centrum.cz/prepravky/prepravky-technicke>

---

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Zkratka/Symbol	Popis
TPS	Toyota production system
ERP	Enterprise Resource planning
JIT	Just in time
OPT	Optimized Produktion Technology
TPM	Total Productive Maintenance
HDP	Hrubý domácí produkt
EOLT	End-Of-Line Tester
AVS	Automatizovaný výrobní systém
VSM	Value stream mapping
MTM	Methods Time Measurement
MTM–SD	Methods Time Measurement – Standard Data
Kč	Koruna česká
CAD	Computer-Aided Design
TMU	Time Measurement Unit
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
DPH	Daň z přidané hodnoty
ks	Kusů
$\Sigma$	Suma

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1      Výkres součásti – gumová část mazacího zařízení